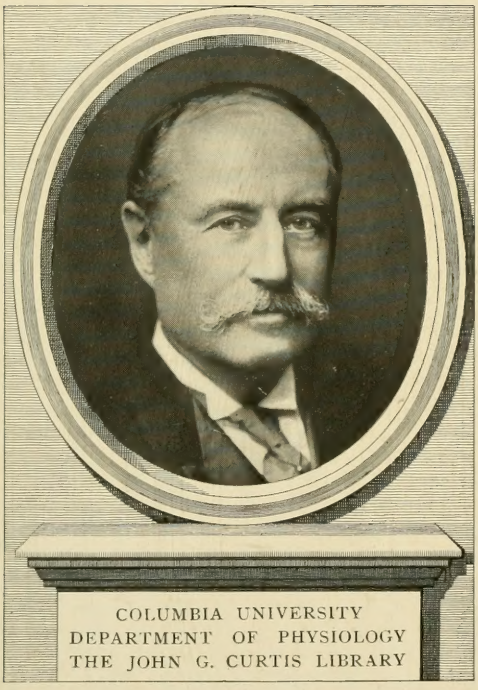
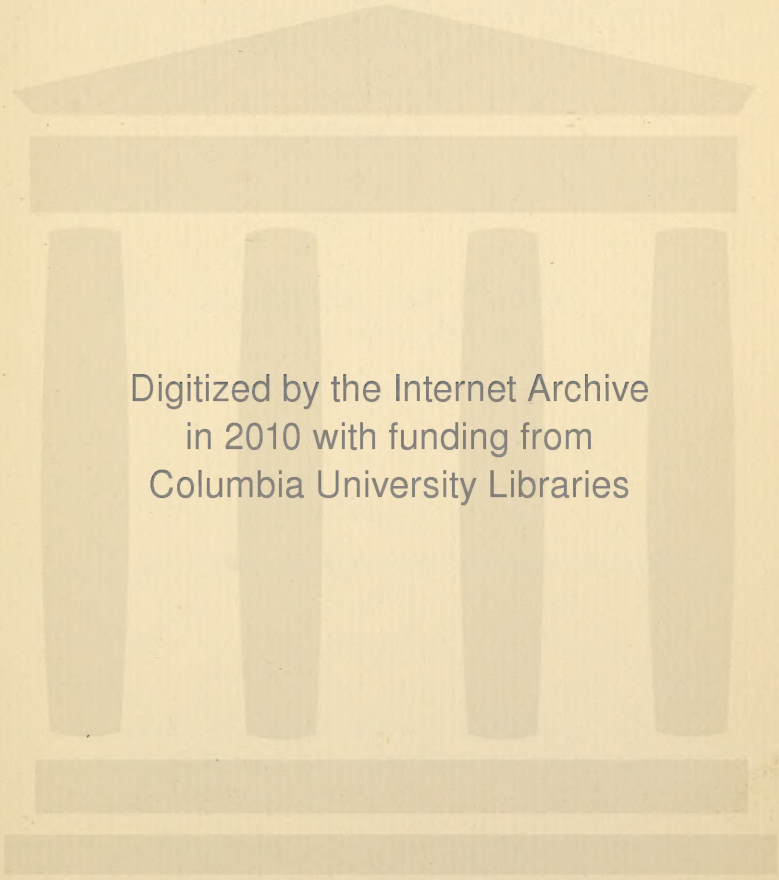
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX00028428



COLUMBIA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
THE JOHN G. CURTIS LIBRARY


Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

http://www.archive.org/details/dielehrenvondenf00stei

DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
COLUMBIA UNIVERSITY

Die Lehren

von den

Funktionen der einzelnen Theile des Ohrlabyrinths,

zusammengestellt

von

Dr. Stanislaus von Stein,
Privatdocent an der Kaiserl. Universität zu Moskau.

Aus dem Russischen übersetzt,

für die deutsche Ausgabe bearbeitet und herausgegeben

von

Dr. C. von Krzywicki,
Privatdocent der Laryngologie und Otiatrie an der Kgl. Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr.

Mit 190 Abbildungen im Texte.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer.
1894.

QP461
St 3

Vorwort des Herausgebers.

Vorliegendes Werk ist im Jahre 1892 in Moskau in russischer Sprache erschienen. Herr Professor Moos referierte darüber in der „Zeitschrift für Ohrenheilkunde“ XIII. Bd., 3. und 4. Heft, S. 327 folgendermafsen: „*Die Lehren von den Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths von Stanislaus von Stein etc.* Eine historische und kritische Darstellung über die Physiologie des Ohrlabyrinths bis auf den heutigen Tag. Leider ist das voluminöse 840 Druckseiten umfassende, mit dem gröfsten Fleifse und der gröfsten Sorgfalt ausgearbeitete Werk ebenso wie des Herrn Verfassers „Litteratur der Anatomie und Physiologie des Gehörorgans“ (bereits früher in dieser Zeitschrift besprochen) in russischer Sprache abgefafst und dürfte deswegen in Deutschland nur wenig Verbreitung finden; das Gegenteil wäre bei der Abfassung in deutscher Sprache der Fall. Moos.“

Auf Grund dieses Referats sowie von anderer mafsgebender Seite hierzu angeregt, ging ich den Herrn Verfasser um seine Einwilligung zur Übersetzung des Werkes an, welche mir auch auf das entgegenkommendste gewährt wurde. Hierfür, sowie für die Zusendung zahlreicher Clichés, wodurch in der deutschen Ausgabe eine gröfsere Anzahl von Abbildungen als im russischen Originalwerk hat erzielt werden können, sage ich Herrn von Stein an dieser Stelle meinen besten Dank.

Die Übersetzung bot gröfsere Schwierigkeiten, als ich anfangs annahm; auch hat sie viel längere Zeit beansprucht, als ich ursprünglich derselben zuzuwenden gedachte. Mit zweierlei Hindernissen hatte ich hierbei ganz besonders zu kämpfen. Erstens mit der Ungleichheit der beiden Sprachen. Es bedurfte einer intensiven Aufmerksamkeit, um bei der Übersetzung vom russischen Satzbau sich zu emancipieren und dem Stil eine wenigstens einigermafsen annehmbare deutsche Form zu verleihen. Wenn derselbe stellenweise trotzdem einen für den deutschen Leser etwas fremdartigen Charakter annehmen sollte, so liegt der Grund hiervon einzig und allein in dem Umstande, dafs es gerade an den betreffenden Stellen nicht geboten schien, vom russischen Text allzusehr abzuweichen. Zweitens sah ich mich genötigt, da die meisten der in

dem Werke enthaltenen Referate auf Schriften deutscher Autoren sich beziehen, letztere — soweit sie mir zugänglich waren, und dies war bei der gröfseren Mehrzahl derselben der Fall — sorgfältig durchzusehen, damit auch die von den betreffenden Autoren gebrauchten Ausdrücke im Referate wiedergegeben würden. Letzteres schien mir ganz besonders wesentlich zu sein; denn ohne diese Vorsichtsmafsregel hätte die Übersetzung leicht zu Mifsdeutungen und Mifsverständnissen, vielleicht selbst zu fehlerhaften Abweichungen vom eigentlichen Inhalt Veranlassung geben können. Aufserdem sah ich mich veranlafst, an manchen Stellen zu kürzen, während mir an anderen noch weitere Zusätze hinzuzufügen der gröfseren Klarheit wegen angebracht zu sein schien.

Die Referate von Schriften, welche nach dem Erscheinen des russischen Originalwerks veröffentlicht sind, habe ich mit des Herrn Verfassers Zustimmung verfertigt und sie unter die anderen eingereiht. Auch das am Ende des Werks befindliche Autorenverzeichnis ist neu. Die in Klammern mit „Ref.“ gezeichneten Bemerkungen stammen sämtlich vom Herrn Verfasser.

Sollte der Leser auch stellenweise auf Unzulänglichkeiten, wie dies schliefslich bei einem so umfangreichen Werke nicht anders der Fall sein kann, stofsen, so wird er doch anderseits das an und für sich grofse und verwickelte Material vom Herrn Verfasser in übersichtlicher Weise geordnet und die Litteraturangaben so vollständig vorfinden, dafs jeder, den das Thema interessiert und der dasselbe vielleicht weiter zu fördern wünscht, sich leicht und bequem in der umfangreichen diesbezüglichen Litteratur aus dem vorliegenden Werke wird orientieren können.

Zum Schlufs erlaube ich mir, dem Verleger, Herrn Gustav Fischer, für das mir in jeder Hinsicht erwiesene Entgegenkommen, sowie Herrn cand. med. Ernst Reinhardt für seine freundliche Hilfeleistung bei der Korrektur meinen besten Dank zu sagen.

Königsberg i. Pr., im Juni 1894.

Dr. **von Krzywicki.**

Vorwort des Verfassers zur russischen Ausgabe.

Herr Prof. Alexander Babuchin, welchen ein allzufrüher Tod seiner Thätigkeit leider entrissen hat, machte mir vor einigen Jahren den Vorschlag, ich möchte mich mit den bestehenden Lehren von der Funktion der Schnecke beschäftigen und dieselben durchmustern. Nach einigen diesbezüglichen Versuchen stellte sich heraus, dafs, um die Arbeit zu einer ersprieſslichen zu gestalten und um die vorliegende Frage kritisch beleuchten zu können, sehr viele und sehr mannigfaltige Kenntnisse der Litteratur notwendig sind, welche, da die Beweismittel für diese oder jene Ansicht, für diese oder jene Lehre aus vielen Gebieten der Wissenschaft entnommen werden, aufserordentlich weitverzweigt sein müssen. Ferner stellte sich dabei heraus, dafs es unmöglich ist, sich ausschliefslich mit der Schnecke zu beschäftigen, ohne zugleich alle übrigen Teile des Ohrlabyrinths zu berücksichtigen. Darum schien es mir geboten, den Rahmen der gestellten Aufgabe zu erweitern, und so sah ich mich denn genötigt, auch die Sichtung der experimentellen Arbeiten über die Bogengänge, welche schon einen nicht unbeträchtlichen Grad von Vollkommenheit und wissenschaftlicher Genauigkeit erreicht haben, vorzunehmen. Die Kenntnis derselben war um so notwendiger, als die experimentelle Technik für die Schnecke nur in einer ziemlich groben Zerstörung dieses rätselhaften Organs bestand. Ich hoffte die für die übrigen Teile des Labyrinths bereits angegebenen Experimentalmethoden, indem ich sie modifizierte, auf die Schnecke übertragen zu können.

Da aber die Arbeiten über das Labyrinth bekanntlich aufserordentlich zerstreut sind und aufserdem eine derartige Mannigfaltigkeit der Ansichten aufweisen, dafs alle Einzelheiten, derentwegen man aber doch die Originalien wieder zur Hand nehmen mufs, im Gedächtnis festzuhalten zu einer Unmöglichkeit wird, schien die Notwendigkeit vorhanden zu sein, sie alle zu einem Ganzen zu vereinigen und sie hierbei streng

nach ihren verschiedenen Kategorieen zu ordnen, damit man nicht mehr benötigt wäre die Experimente zu unterbrechen, um in der Litteratur Umschau zu halten, und damit man sich stets mit Leichtigkeit innerhalb der durch jahrelange Arbeit zu einer enormen Menge angeschwollenen Versuchsarten, Beobachtungen und verschiedenartiger Theorieen orientieren könne.

Die Hauptschwierigkeit bestand in der Scheidung des wirklichen, Thatsachen enthaltenden Materials von faktischem, wissenschaftlichem Wert und solcher Arbeiten, die nur Vermutungen, Annahmen und vage Erklärungen enthielten, von denen einige schon vor mehreren Jahrhunderten ausgesprochen worden waren. Um mich nun nicht fortwährend zu wiederholen, habe ich das Buch auf die Weise geordnet, dafs zunächst auf diejenigen Autoren hingewiesen wird, welche als Begründer irgend einer neuen Idee gelten können, während ich diejenigen, welche dieselbe Idee nur in veränderter Form wiederbringen, in Klammern oder unter den Anmerkungen angeführt habe. Möglich ist ja immerhin, dafs manche ganz selbständig zu einer schon früher ausgesprochenen Idee gelangt sind, doch dies ist ja nur von subjektiver Bedeutung.

Um vorliegendes Buch nicht allzusehr mit anatomischen und geschichtlichen Einzelheiten zu überladen, habe ich dieselben in einem besonderen Werke gesammelt, welches im Jahre 1891 erschienen ist und den Titel: Übersicht der Anatomie und Physiologie des Ohres" *) führt. Hierbei habe ich die geschichtlichen auf das Gehörorgan Bezug habenden Daten in den Originalschriften nochmals durchgemustert, wodurch es mir gelang, ein beträchtliches Material anzusammeln und auf einer verhältnismäfsig geringen Anzahl von Seiten des vorliegenden Werkes zu gruppieren. — Im übrigen möchte ich bemerken, dafs dies der erste Versuch einer systematisch möglichst reellen und dabei doch nicht schematisierten Zusammenstellung aller derjenigen Daten ist, die wir bis jetzt über die Funktionen des Labyrinths besitzen [Lincke hat im Jahre 1837 insbesondere das Mittelohr behandelt]. Ich habe mich aufserdem nicht nur darauf beschränkt die Resultate anzuführen, sondern ich habe auch zugleich auf jene Methoden hingewiesen, deren man sich bei den betreffenden Untersuchungen bediente, von der Ansicht ausgehend, dafs die Kenntnis der Thatsachen fördernder wirkt, als die Kenntnis der aus denselben gezogenen Schlüsse; sie gestattet regelrecht den wissenschaftlichen Wert der einzelnen Untersuchungen kritisch abzuschätzen. Dem Leser wird hierdurch zugleich Gelegenheit geboten, selbständig die in diesem Werke behandelten wissenschaftlichen Fragen weiter zu bearbeiten. Fernerhin habe ich nach Anführung der Ansichten eines Autors auch die gegen denselben erhobenen Einwände angeführt, in der Absicht, den Leser vor etwaiger Wiederholung schon ausgesprochener

*) „Обзоръ по анатомій и физіологій уха" (nur in russischer Sprache erschienen).

Gedanken zu schützen. Aufserdem beabsichtigte ich, dem Leser thatsächliches Material in so reichlicher Menge vorzuführen, dafs ihm die Möglichkeit gegeben sei, dasselbe ebenfalls zu verifizieren, da es ja nicht jedermanns Sache ist, in den Originalschriften herumzuwühlen. Darum die verhältnismäfsig grofse Anzahl von Anmerkungen, welche gröfstenteils klein gedruckt sind.

Auch aus der vorliegenden Zusammenstellung der Litteratur wird man ersehen können, wie verschieden die Hoffnungen und das Temperament, um mich so auszudrücken, der einzelnen Forscher zu sein pflegen. Während nämlich der eine in übertriebener sanguinischer Weise z. B. ausruft: „Die vielfachen Versuche, welche ich soeben angeführt habe, haben fast alles erschöpft, was nur auf dem Gebiete des Experimentierens an Tauben geleistet werden kann!“, und ein zweiter ebenfalls sehr schnell mit dem gewonnenen Resultate zufriedengestellt ist, lassen sich andere hingegen allzupessimistisch zu einer ungerechtfertigten Niedergeschlagenheit verleiten, indem sie zu ihrer Devise das: „ignoramus et ignorabimus“ wählen. Die letzteren vergessen hierbei aber vollkommen, dafs dasjenige, was heute dem Bereiche des unmöglich zu Überwältigenden anzugehören scheint, morgen dank dem fortwährenden Fortschritt in der Wissenschaft schon leichter überwunden wird. Diesen nun möchte ich die Worte Lessings aus seiner „Duplik“ (1778) in Erinnerung bringen:

„Nicht die Wahrheit, in deren Besitz irgend ein Mensch ist, oder zu sein vermeint, sondern die aufrichtige Mühe, die er angewandt hat, hinter die Wahrheit zu kommen, macht den Wert des Menschen. Denn nicht durch den Besitz, sondern durch die Nachforschung der Wahrheit erweitern sich seine Kräfte, worin allein seine immer wachsende Vollkommenheit bestehet. Der Besitz macht ruhig, träge, stolz —

„Wenn Gott in seiner Rechten alle Wahrheit und in seiner Linken den einzigen immer regen Trieb nach Wahrheit, obschon mit dem Zusatze, mich immer und ewig zu irren, verschlossen hielte und spräche zu mir: „Wähle!“ ich fiel ihm mit Demut in seine Linke und sagte: „Vater, gib! die reine Wahrheit ist ja doch nur für dich allein!“

Gegen das Ende des Werkes habe ich noch die zum ersten Male von mir systematisch geordneten Experimentalmethoden, wie sie bei den verschiedenen Untersuchungen des Labyrinths angewandt wurden, zusammengestellt.

Um im vorliegenden Werke ein möglichst vollständiges Material für die Frage von den Funktionen des Labyrinths zu sammeln, habe ich meine sämtlichen Kräfte aufgeboten. Inwieweit mir die Lösung der Aufgabe, welche ich mir hierbei gestellt habe, gelungen ist, ist nicht an mir zu beurteilen. Vielleicht trägt das Werk dazu bei, die Aufmerksamkeit auf dieses im menschlichen Leben und in der geistigen Ent-

wickelung des Menschen so wichtige Organ in noch höherem Grade zu erregen, als es bis jetzt der Fall gewesen ist. Schon Herodot sagt:

ἐν τοῖς ὠσὶν ὁ θυμὸς οἰκεῖ.

Allen, die mir beim Sammeln der Litteratur auf so freundliche Weise behilflich waren, sage ich hiermit meinen innigsten Dank.

Moskau 1892.

Dr. **Stanislaus von Stein.**

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Geschichtlicher Überblick . . . . . 1—92

I. Periode (v. d. ältesten Zeiten bis zu Cotugnos Entdeckung der Labyrinthflüssigkeit) . . . . . 2—42

(550 v. Chr.—201 n. Chr.) Diogenes, Alkmaion, Empedokles, Demokritos S. 3; Hippokrates, Platon S. 5; Aristoteles S. 6; Epikur S. 7; Cicero, Galenus S. 9.

(1314—1628) Mondino de Luzzi S. 11; Ingrassias S. 15; Eustachio S. 16; Volcher Coiter S. 18; Varoli, Laurentius S. 21; Fabricius ab Aquapendente S. 22; Casserio S. 24; Bauhinus S. 26; Riolanus, Molinetti S. 26.

(1628—1753) Willis S. 29; Claude Perrault S. 30; Du Verney S. 32; Schelhammer S. 35; Valsalva S. 36; Parent S. 37; Ruysch, Vieussens, Senac, Winslow S. 38; Cassebohm, Mead Richard, Morgagni, Boerhaave S. 39; Cramer, Mairan S. 40; Brendel, Estève, Zinn S. 41.

II. Periode (von Cotugnos Entdeckung der Labyrinthflüssigkeit bis zu Cortis Entdeckung des nach ihm genannten Organs 1760—1851) . . . . . 42—84

(1760—1802) Cotugno S. 42; Haller S. 43; Le Cat S. 44; Buffon, Scarpa, Caldani S. 45; Meckel S. 46; Geoffroy, Elliot S. 47; Scarpa S. 48; Comparetti, Wilberg S. 53; Cuvier S. 54.

(1802—1849) Venturi, Autenrieth S. 56; Autenrieth und Kerner S. 57; Treviranus S. 59; Savart S. 60; Flourens S. 64; Magendie S. 68; E. H. Weber S. 69; Lincke S. 71; Hyrtl S. 72; Savart S. 74; Johannes Müller S. 74; Hannover, Carus S. 83.

III. Periode (von Corti, 1851, bis auf die Neuzeit) . . . . . 84—92

(1851—1892) Corti S. 84; Kölliker S. 88; Helmholtz S. 89 u. a.

II. Über die Funktionen der Schnecke . . . . . 93—172

Hypothese von Helmholtz . . . . . 93—100

Einwendungen, welche gegen die Helmholtzsche Hypothese erhoben worden sind . . . . . 100—107

Seite

A. Anatomische Thatsachen, welche im Widerspruch zur fundamentalen Grundlage der Hypothese Helmholtzs stehen . . . . 100—101
Einwand Hensens S. 100; Einwand Hasses, Einwurf O. Baers S. 101.

B. Physiologische und akustische Beobachtungen, welche der Lehre Helmholtzs von einer besonderen Abteilung im Labyrinth für die Wahrnehmung von Geräuschen widersprechen . . . . . 102—107
Einwurf E. Machs. Einwürfe Exners S. 102; Einwurf E. Machs S. 105; Einwürfe N. Dennerts S. 106.

Erwägungen und Umstände, welche zu Gunsten der Helmholtzschen Ansicht vom Vorhandensein einer eigenen Stelle im Labyrinth für die Perception der Geräusche vorgebracht worden sind . . . . . 107—110
Ansicht Wundts S. 107; Ansicht Hensens, Ansicht C. Brückners S. 108; Beobachtung H. Steinbrügges S. 110.

Die Hypothese von den Schneckensaiten . . . . . 110—114

Thatsachen und Erwägungen zu Gunsten der Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Schneckengebilde . . . . . 114—140

A. Thatsachen aus der vergleichenden Anatomie . . . . . 115—125
Untersuchungen Hensens S. 115; Beobachtungen Hasses S. 118; Beobachtung Rankes S. 119; Ansichten Vitus Grabers S. 120; Beobachtungen und Ansichten A. Böttchers S. 123.

B. Mathematische Berechnungen . . . . . 125—126
Ansicht von Helmholtz S. 125.

C. Pathologische Erscheinungen und Veränderungen . . . . . 126—137

D. Beweise aus der Anthropologie . . . . . 137—138

E. Auf Experimenten beruhende Thatsachen . . . . . 138—140
Beobachtung Munks, Beobachtung B. Baginskys S. 138; Einwand Weber-Liels gegen Baginsky S. 139; Experimente C. Corradis S. 140.

F. Beweise aus der Psycho-Physiologie 140

Thatsachen und Erwägungen gegen die Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Schneckengebilde . . . . . 140—146

A. Thatsachen aus dem Gebiete der Akustik . . . . . 140—143
Einwände Rinnes S. 140; Einwand Schefflers S. 143.

B. Thatsachen aus dem Gebiete der Anatomie . . . . . 143—145
Einwand C. Hasses S. 143; Einwand O. Baers, Beobachtung A. Mayers S. 144; Annahme W. Rutherfords, Beobachtung H. Ayers' S. 145.

C. Beweise aus der Psycho-Physiologie 146

Hypothese C. Hasses . . . . . 146—148
Hypothese O. Baers 149
Hypothese A. Mayers 150
Hypothese M. Lawdowskys . . . . . 150—152
Ansicht Dennerts . . . . . 152—153
Hypothese Voltolinis . . . . . 153—155
Hypothese Gellés . . . . . 155—157

Können Menschen und Tiere ohne Schnecke hören? . . . . . 158—166

Versuche mit vollständiger Zerstörung der Schnecke 166
Versuche Flourens' S. 166; Versuche Gellés S. 167; Versuche Pollaks S. 168; Versuche Fanos und Masinis, Versuche Corradis S. 169; Versuche Ewalds S. 170.

Seite

III. Über die Funktionen der Maculae des Vorhofs und der Cristae der halbkreisförmigen Kanäle . . . 173—516

Die Störungen des Gleichgewichts nach der mechanischen Vernichtung der Ohrbläschen (Otocysten, Lithocysten, Statocysten) bei den wirbellosen Tieren . . . . . 183—198

Protozoa.

Coelenterata.

Beobachtung und Ansicht Engelmanns über die Funktion der Otocysten bei den Medusen 184

Beobachtungen Verworns, seine experimentelle Bestätigung der Annahme Engelmanns 187

Echinodermata.

Vermes.

Arthropoda.

Versuche von Yves Delage und Steiners an den Otocysten von Krebstieren . . . . . 191—196

Beobachtung A. Kreidls 196

Mollusca.

Versuche von Yves Delage an Octopus 197

Die Gleichgewichtsstörungen nach Reizung oder Verletzung der halbkreisförmigen Kanäle der Wirbeltiere 198

Pisces.

Beobachtungen von Anna Tomaszewicz, Beobachtungen Cyons über die Neunaugen S. 203; Einwurf von A. Robin, Einwurf Steiners gegen Cyon, Beobachtungen Hensens, Beobachtungen Kiesselbachs S. 205; Beobachtungen H. Sewalls, Beobachtungen J. Steiners S. 206; Beobachtungen Loebs, Beobachtungen Kreidls S. 208.

Amphibia.

Beobachtungen von R. Ewald S. 209; Beobachtungen von Goltz, Böttchers, Hasses, J. Blochs S. 210; Beobachtungen Cyons und Soluchas S. 211; Beobachtungen Hensens, Beobachtungen Schraders S. 212; Beobachtungen Breuers, Gellés, R. Ewalds S. 213.

Reptilia.

Aves.

Experimente über die halbkreisförmigen Kanäle der Vögel . 214—277

1. Versuchsart; Beobachtungen Spamers 214
2. „ „ Bornhardts 215
3. „ „ Flourens', Bertholds, Bornhardts, Spamers 215
4. Versuchsart; Beobachtungen Breuers, Bornhardts . . . 215—216
5. „ „ Breuers S. 216, 217; Beobachtung Bornhardts S. 218; Einwand von Anna Tomaszewicz gegen Breuer S. 219; Beobachtungen Cyons S. 219; Einwand Ewalds gegen Cyon S. 221.
6. Versuchsart; Beobachtungen Cyons S. 222; Ewalds S. 222.
7. „ „ Flourens', Breuers, Bornhardts, Cyons S. 223.

Seite

8. Versuchsart; Beobachtungen Spamers S. 223.
9. und 10. Versuchsart . . . . . 224—253
Beobachtungen über den Canalis semicircularis horizontalis sinister 224
Beobachtungen über die Canales semicirculares 2 horizontales, sinister et dexter 228
Beobachtungen über den Canalis semicircularis frontalis sinister 236
Beobachtungen über die Canales semicirculares 2 frontales, sinister et dexter 240
Beobachtungen über den Canalis semicircularis 3 sagittalis sinister 244
Beobachtungen über die Canales semicirculares 2 sagittales, sinister et dexter 245
Beobachtungen über den Canalis semicircularis horizontalis sinister et frontalis dexter 246
Beobachtungen über den Canalis semicircul. horizont. sin. et sagittalis dexter 247
Beobachtungen über den Canalis semicircul. frontal. sin. et sagittalis dexter oder frontalis dexter et sagittalis sinister 248
Beobachtungen über die Canales semicircular. 2 horizontales et 2 frontales 249
Beobachtungen über die Canales semicirculares 2 frontales et 2 sagittales 249
Beobachtungen über 2 Canales semicirculares derselben Seite 249
Beobachtungen über die Canales semicirculares 3; horizontalis, frontalis et sagittalis 250
Beobachtungen über die Canales semicirculares 6; horizontales, frontales et sagittales 251
Kurze Zeit nach Durchschneidung eines Bogengangs wird die Richtung der Kopfbewegung umgekehrt (Breuer) 252
11. Versuchsart 253
12. Versuchsart 254
13. Versuchsart 255
14., 15., 16., 17. Versuchsart (unreine Versuche) 256
18. Versuchsart, Schklarewsky, Berthold
Beobachtungen Mattes vermittelst der Sondierungsmethode: 256—258
über die Canales semicirculares 2 sagittales, sinister et dexter 256
über die Canales semicirculares 2 frontales, sinister et dexter 257
über die Canales semicirculares 2 horizontales sinister et dexter 258
über den Canalis semicircularis frontalis sinister et sagittalis dexter 258
19. Versuchsart; Beobachtungen von Richard Ewald . . . 258
20. Versuchsart; „ „ „ „ . . . 258
Einwirkung chemischer Agentien auf die Bogengänge . . . . . 260—262
Beobachtungen von Löwenberg S. 260; Einwände gegen Löwenberg S. 261; Beobachtungen Spamers S. 261; Beobachtung Landois' S. 262; Beobachtung Vulpians S. 262.

Seite

Thermische Einwirkung auf die Bogengänge . . . . . 262—267

Einwirkung der Hitze auf die Bogengänge . . . . . 262—265
Beobachtungen Bornhardts S. 262; Beobachtungen Spamers S. 263; Beobachtungen J. Breuers S. 264.

Einwirkung der Kälte auf die Bogengänge . . . . . 265—267
Beobachtung Bornhardts S. 265; Beobachtungen J. Breuers S. 266.

Einwirkung der Elektrizität auf die halbkreisförmigen Kanäle . . . 267—277
Beobachtungen Löwenbergs, Bertholds, Breuers, Machs, Cyons S. 267; Beobachtungen Spamers mit Reizung der Kanäle durch den Induktionsstrom S. 268; Beobachtungen Spamers mit Reizung der Kanäle mit dem konstanten Strom S. 268; Beobachtungen J. Breuers S. 274; Beobachtungen R. Ewalds S. 277.

Mammalia.

Versuche an Kaninchen 279
Beobachtungen über den Canalis semicirc. horizontalis sinister 279
„ „ die Canales semicircul. 2 horizontales sin. et dexter 281
Beobachtungen über den Canalis semicircul. horizontalis dexter 282
„ „ „ Canalis semicircul. frontalis 282
„ „ die Canales semicircular. 2 frontales, sin. et dextr. 283
Beobachtungen über den Canalis semicircularis sagittalis sin. . 284

Versuche an Hunden (Beobachtungen von Rich. Ewald) 285, 606

Folgerungen aus den Versuchen an den Bogengängen . . . . . 285—305

Aufzählung derjenigen Teile des Organismus, deren Funktionsunterbrechung Bewegungsstörungen nach sich zieht 305

A. Störungen infolge Verletzung des centralen Nervensystems . . 306
Beobachtungen von Bechterew, Beobachtungen von Gallerani und Lusana S. 307.

B. Verletzung des Cavum mesooticum Schklarewsky 308
Beobachtung Bertholds S. 308; Beobachtungen Breuers S. 309.

C. Versuche über den Stamm des Gehörnerven 309
Beobachtungen Magendies, Brown-Séquards, Einwand Schiffs S. 310; Beobachtungen von Goltz, Cyons, Bechterews S. 311; Einwand Baginskys gegen Bechterew S. 314; Erwiderung Bechterews an Baginsky; Beobachtungen Schraders S. 314.

D. Gleichgewichtsstörungen nach Durchtrennung der Nackenmuskeln. 314
Beobachtungen Longets S. 314; Beobachtungen Cyons und Soluchas, Mutmafsungen Budges über den Steigbügel S. 316; Einwand Bornhardts gegen Budge S. 317.

E. Einwirkung prismatischer Gläser 317
Beobachtung Cyons und Soluchas S. 317.

F. Einwirkung von Hautanästhesie auf Gleichgewichtsstörungen . 317
Beobachtung Schraders S. 317.

Unreine Versuche an den Bogengängen 317

I. Unreine Versuche infolge grober Verletzung der Bogengänge etc. 318
Beobachtung Vulpians, von Goltz S. 318; Einwand Bornhardts S. 319; Beobachtung Bornhardts; Versuche Kessels S. 320.

Seite

II. Unreine Versuche infolge starker Blutung aus den Blutleitern der Bogengänge und Anwendung von liqu. ferr. sesqu. zu ihrer Stillung 321
Beobachtung Spamers S. 321.
III. Unreine Versuche infolge intralabyrinthärer Druckerhöhung etc. 323
Beobachtungen Baginskys S. 323.
Einteilung der beobachteten Störungen in ursprüngliche und abgeleitete Erscheinungen nach Goltz u. a.

Wirkung der Narkose auf die Stärke der Bewegungsstörungen 331

Ist das Durchschneiden der Bogengänge mit Schmerzempfindung verbunden oder nicht? 332

Bleibt das Gehör nach dem Durchschneiden der Kanäle erhalten oder nicht? 333

Einflufs des Gehirns auf die Bewegungsstörungen, welche durch Verletzung der Bogengänge hervorgerufen sind 336
Beobachtungen Flourens' S. 336; Beobachtungen Löwenbergs S. 338; Beobachtungen Langes S. 339.

Versuche an der Macula utriculi 341
Flourens' Experiment S. 342; Beobachtungen Breuers S. 342; Einwand von A. Tomaszewicz gegen Breuer S. 344; Beobachtung von A. Tomaszewicz S. 345; Beobachtungen von A. Högyes S. 345; Einwurf B. Baginskys gegen Högyes S. 346; Versuche Baginskys S. 348; Beobachtungen Steiners S. 349; Beobachtung Ewalds S. 349.

Versuche an der Macula sacculi 350

Veränderungen, welche durch Verletzung der Bogengänge und des Vorhofs im tierischen Organismus hervorgerufen werden . . . . . 350—353
Beobachtungen Böttchers, Curschmanns, Bertholds und Bornhardts S. 350; Beobachtung Bornhardts S. 350; Beobachtung Cyons S. 351; Beobachtungen Spamers S. 351; Beobachtungen R. Ewalds S. 352.

Beobachtungen über das aktive und passive Drehen des Menschen und der Tiere . . . . . 353—402
Schwindel infolge von Bewegung 355
Beobachtungen Purkinjes S. 355; Erklärung Purkinjes S. 357; Beobachtungen E. Machs S. 359; Einwand Bornhardts gegen Mach S. 363; Einwand Cyons gegen Mach S. 363; Versuche Breuers S. 363; Einwand Hitzigs gegen Breuer, Einwand Bornhardts gegen Breuer S. 365; Beobachtungen von Tomaszewicz S. 365; Beobachtungen Cyons über den Sehschwindel S. 367; Beobachtungen von Yves Delage S. 370; Beobachtungen von Kreidel S. 377.
Schwindel infolge elektrischen Stromes 381
Beobachtungen Hitzigs S. 382; Einwand Breuers gegen Hitzig S. 383, 384; Beobachtung Machs S. 384; Beobachtungen Breuers S. 384; Beobachtungen von J. Pollak S. 385.

Beobachtungen über das passive Drehen (das Centrifugieren) der Tiere . 385
Experimente über das Centrifugieren der Wirbellosen 386
Beobachtungen von R. Schäfer S. 386; von Kreidl S. 387.
Experimente über das Centrifugieren der Wirbeltiere 387
Beobachtungen von R. Schäfer S. 387.

Seite

Drehversuche an Fischen 388
Beobachtungen Breuers, von Tomaszewicz, von Kreidl S. 388.

Drehversuche an Fröschen 389
Beobachtungen von Goltz, Breuers, von Tomaszewicz, Steiners S. 389; Schraders S. 391; Schiffs S. 392.

Drehversuche an Vögeln 392
a) Beobachtungen an Vögeln mit unverletzten Bogengängen.
Beobachtungen Breuers S. 392; Beobachtung Machs S. 393; Beobachtung von Tomaszewicz S. 394; Beobachtung Ewalds S. 394.
b) Drehversuche nach Verletzung des Labyrinths und des Gehirns.
Beobachtungen Breuers, Bornhardts S. 395; Beobachtungen von A. Tomaszewicz S. 397; Beobachtungen Ewalds S. 398.

Drehversuche an Säugetieren 398
Beobachtung Hitzigs S. 398; Beobachtungen Breuers, Machs, Bornhardts S. 399; Beobachtungen Cyons, von Tomaszewicz, von Högyes S. 400; Beobachtung von Korányi, von Goltz S. 402.

Folgerungen aus den Beobachtungen über die Drehung 403
Folgerung Breuers, Bornhardts S. 403; Folgerung von A. Tomaszewicz S. 404.

Pathologische Veränderungen und Erscheinungen, aus denen man eine Folgerung betreffs der Funktion des Vorhofs und der Bogengänge ziehen kann 404

Analyse der bei labyrinthärer Gleichgewichtsstörung beobachteten Erscheinungen . . . . . 407—424
I. Erklärung.
Böttcher S. 409; Curschmann S. 410; Bornhardt S. 410.
II. Erklärung.
Högyes S. 413; Einwand Baginskys gegen Högyes S. 416.
III. Erklärung.
Flourens S. 416; Czermak, Vulpian, Goltz S. 417.
IV. Erklärung.
Cyon und Solucha S. 417.

Hypothetische Erklärung von Goltz 417
Beobachtungen von Solucha und Cyon S. 419; Einwand Blochs gegen Goltz S. 420; Einwand Curschmanns gegen Goltz S. 421; Einwand A. Böttchers gegen Goltz S. 421; Einwand Bornhardts gegen Goltz S. 422; Bemerkung Spamers S. 423; Einwand Bechterews gegen Goltz und Cyon S. 423.

Durch welchen Zustand des Endapparats des Vorhofs und der Bogengänge sind die Bewegungsstörungen bedingt? . . . . . 424—443
I. Thatsachen und Gründe für und wider die Hemmungstheorie . 424—435
Ansicht von Chevreul S. 424; Annahmen von Flourens S. 425; Einwand von Goltz gegen Flourens S. 426; Einwand Bornhardts gegen Flourens S. 427.
Hypothetische Erklärung von Goltz S. 427.
Einwand J. Blochs gegen Goltz S. 429; Einwand Bornhardts gegen Goltz S. 430; Einwand E. Bertholds gegen Goltz S. 431; Einwand Breuers gegen Berthold, Einwand von

Seite

Tomaszewicz S. 431. Annahme Hasses S. 432; Annahme Curschmanns S. 432; Beobachtung Cyons; Bechterews; von Delage S. 473; Einwand Steiners gegen Delage S. 435; Ansicht Ewalds S. 435.

II. Thatsachen und Gründe für und wider die Reizungstheorie . . 435—441
Bemerkung Bechterews S. 436; Erklärung von Brown-Séquard S. 437; Einwand von Goltz gegen Brown-Séquard S. 438; Beobachtung Löwenbergs S. 438; Einwand Bornhardts gegen Löwenberg S. 438; Einwand Bertholds gegen Löwenberg S. 441; Erklärung E. Bertholds S. 441; Einwand Breuers gegen Berthold S. 441.

III. Mischtheorie, welche die einen Erscheinungen durch Hemmung der Funktion der Bogengänge, die anderen durch Reizung derselben erklärt . . . . . 441—443
Ansichten Bornhardts und Bechterews S. 441.

Über die normalen Erreger der Cristae ampullarum, der Macula utriculi und der Macula sacculi, sowie über die Funktion dieser Gebilde . . . 444—509

A. Der Schall als normaler Erreger . . . . . 445—466

Akustische Hypothesen S. 445.
Ansicht Autenrieths S. 446; Ansicht S. Jacksons und J. Malinins S. 446; Erwiderung von Steins gegen Malinin S. 447, 448; Erwiderung M. Lawdowskys gegen Malinin S. 452; Beobachtungen Preyers S. 454; Einwand Breuers gegen Preyer S. 457; Ansicht Vulpians S. 458; Entgegnung von Goltz gegen Vulpian S. 458; Erwiderung Bornhardts S. 459; Erwägungen Cyons zu Gunsten der Ansicht Vulpians S. 459; Einwendung A. Böttchers gegen Cyon S. 460; Entgegnung E. Bertholds wider Cyon S. 460; Entgegnung Machs wider Cyon S. 461; Entgegnung Bornhardts wider Cyon S. 461; Entgegnung Breuers wider Cyon S. 462; Annahme Bornhardts zu Gunsten der Ansicht Vulpians S. 462; Entgegnung und Versuch Spamers wider Bornhardt S. 464; Erwägung von A. Tomaszewicz zu Gunsten der Ansicht Vulpians S. 464.

Ansicht von Helmholtz über die Funktion der Ampullen und des Vorhofs 465

Annahmen bezüglich der Funktion der Macula sacculi 466

B. Die Endolymphe als normaler Erreger . . . . . 467—498

Die hydrostatische Hypothese von Goltz 467
Entgegnung Breuers wider Goltz S. 469; Entgegnung Machs wider Breuer S. 470; Entgegnung Cyons S. 470; Erklärung Breuers hinsichtlich seiner irrtümlichen Bemerkung über die Goltzsche Hypothese S. 470; Entgegnung Ficks S. 470; Erwägungen von Högyes zu Gunsten von Goltz S. 471.

Hydrodynamische Hypothesen 471

Hydrodynamische Hypothese E. Machs 472
Entgegnung Breuers wider Mach S. 477; Entgegnung Bornhardts wider Mach S. 477; Entgegnung von Tomaszewicz wider Mach S. 478; Entgegnung Cyons wider Goltz und Mach S. 478.

Hydrodynamische Hypothese Breuers 479
Erklärung verschiedener Erscheinungen durch die hydrodynamische Hypothese Breuers S. 484—486.

Seite

Erklärung der Versuche Purkinjes S. 484, der Versuche von Flourens S. 484, der Versuche Hitzigs S. 485, der kompensierenden Augenbewegungen S. 485, der Folgeerscheinungen S. 485, der Erscheinungen nach einseitiger Exstirpation des Utriculus S. 485.

Erwägungen und Thatsachen, welche gegen die Existenz endolymphatischer Strömungen vorgebracht sind . . . . . 485—489

Entgegnung Machs wider Breuer S. 485; Entgegnung Bornhardts wider Breuer S. 487; Erwiderung von Tomaszewicz S. 488; Erwiderung Hensens S. 489.

Erwägungen und Thatsachen, betreffend die Unmöglichkeit des Auftretens endolymphatischer Strömungen infolge Durchleitung eines elektrischen Stromes 489

Erwiderung Machs gegen Breuer S. 489; Erwiderung Bornhardts S. 489; Entgegnung von Anna Tomaszewicz gegen Breuer S. 489.

Erklärung einer Reihe anderer Erscheinungen, welche bei Versuchen an den Bogengängen beobachtet werden, nach Breuer 491—494

Hydrodynamische Hypothese A. Crum Browns 494

Erwiderungen gegen Mach, Breuer und Crum Brown 495

Erwiderung Böttchers S. 495; Entgegnung Machs und Breuers wider Böttcher S. 495; Erwiderung Bornhardts S. 496; Erwiderung Cyons S. 497; Erwiderung von Delage S. 498.

C. Die Otolithen als normale Erreger 499

Die Hypothese von den Otolithen nach Breuer S. 499; Cyons Ansicht über die funktionelle Bedeutung der Otolithen S. 508.

D. Der Erdmagnetismus als normaler Erreger der Bogengänge . . . 509

Allgemeiner Überblick über die Lehren von den Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths 510

IV. Über die Experimentalmethoden 517

Allgemeines über das Experimentieren am Ohrlabyrinth . . . 517—522

Über die anatomische Struktur der Lithocysten von Coelenteraten, Würmern und Mollusken . . . . . 523—542

Methoden der Entfernung von Lithocysten 540

Bei Crustaceen nach Y. Delage S. 540; bei Mollusken nach Y. Delage S. 541.

Über die topographische Lage der verschiedenen Teile des Labyrinths bei einigen Fischen 542

Entfernung des Labyrinths vom Neunauge nach Cyon . . . 549

Struktur des Gehörorgans von höher entwickelten Fischen . 550

Die beim Experimentieren am Gehörorgan der Fische angewandten Operations-Methoden 566

Entfernung des Labyrinths an Fischen nach Tomaszewicz S. 566; Versuche von Kiesselbach an Karpfen S. 566; Eröffnung der Bogengänge am Haifisch nach J. Steiner S. 566; Exstirpation der Otolithen von Haifischen nach Kreidl S. 568.

Topographische Lage der einzelnen Teile des Labyrinths beim Frosch 569

Die beim Experimentieren am Gehörorgan von Fröschen angewandten operativen Methoden . . . . . 571—576

Operatives Verfahren A. Böttchers, nach der näheren Beschrei-

Seite

bung J. Blochs S. 571; Subkutanes Verfahren bei der Zerstörung des Labyrinths und der Durchtrennung der Bogengänge an Fröschen nach Hasse S. 573; Operative Methode von Solucha und Cyon S. 574; Extraktion des Froschlabyrinths nach A. Tomaszewicz S. 574; Methode der Zerstörung des Labyrinths am Frosche nach Schrader S. 575; Ewalds Beschreibung der Schraderschen Methode S. 575; Ewalds Methode der Zerstörung des Labyrinths am Frosch vom Rücken aus S. 576.

Topographische Anordnung der einzelnen Teile des Gehörorgans der Vögel . . . . . 576—584

Methoden der Freilegung der Bogengänge . . . . . 585—595
Operative Methode von Flourens S. 585; Methode A. Böttchers und teilweise auch J. Blochs S. 590; Methode E. Bertholds S. 591; J. Breuers (1874) Operationsmethode des membranösen Vestibulum mit den Bogengängen S. 592; Methode J. Breuers (1875) S. 592; Methode Bornhardts S. 593; Methode Cyons und Soluchas S. 594.

Topographische Anordnung der einzelnen Teile des Gehörorgans einiger Säugetiere und die an ihnen angewandten operativen Methoden . . . . . 596—614

Die an Katzen angewandten operativen Methoden 597
Verfahren von Meckel S. 597; Verfahren von A. Tomaszewicz 597

Die an Kaninchen angewandten operativen Methoden . . . . 598—599
Verfahren von Autenrieth und Kerner S. 598; Operative Methode von Flourens S. 598; Verfahren Bornhardts S. 599; Extraktion des Labyrinths von Kaninchen vom äufseren Gehörgange aus nach A. Tomaszewicz S. 600; Verfahren bei der Freilegung des membranösen Vestibulum von der Fossa mastoidea aus nach A. Högyes S. 600.

Die an Hunden angewandten operativen Methoden . . . . . 600—606
Eröffnung der Bulla nach Heidenhain S. 601; Eröffnung der Bulla nach Hensen und Bockendahl S. 601; Pollaksche Ergänzung des Verfahrens S. 603; Entfernung des membranösen Labyrinths am Hunde nach Ewald S. 604.

Die am Gehörorgan von Meerschweinchen angewandten operativen Methoden . . . . . 606—614
Verletzung der Schnecke vom Meerschweinchen vom äufseren Gehörgang aus nach Gellé S. 610; Eröffnung der Bulla ossea und ihrer hinteren Nebenhöhle von hinten nach S. v. Stein S. 612; Eröffnung der Trommelhöhle von vorn, von der vorderen Nebenhöhle aus, nach S. v. Stein S. 613.

Vom Otolithenapparat der Säugetiere 610

Die bei Versuchen an den einzelnen Teilen des Ohrlabyrinths angewandten Methoden . . . . . 614—640

A. Methodik der Versuche an den Bogengängen . . . . . 615—631

1. Regellose Zerstörung des Gehörorgans 615

2. Ausbrechen, Zerstückeln, Zermalmen und gänzliche Zerstörung einer oder mehrerer Kanäle . . . . . 615—616
Kritik Bornhardts gegen Löwenberg S. 615; Beobachtungen A. Böttchers S. 616.

Seite

3. Durchschneidung der Bogengänge in toto 616–618
Unblutige Methode E. Bertholds S. 617; Kritische Bemerkung Breuers S. 617; Kritische Bemerkung Bornhardts S. 617; Verfahren Ewalds S. 618; Verfahren Vulpians S. 618.

4. Durchschneidung eines Kanals in toto an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses 618
Methode Bornhardts S. 618; Verfahren Cyons S. 618.

5. Vorsichtige Eröffnung eines knöchernen Bogengangs an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, der mit stumpfen Instrumenten gereizt, mit einer Nadel gestochen oder durchschnitten wird 618–622
Verfahren von Flourens S. 618; Czermaks S. 619; Methode Blochs S. 619; Bornhardts S. 619; Beobachtungen Breuers bei der Reizung der Bogengänge S. 619; Verfahren Cyons S. 620; Methode Ewalds S. 621.

6. Der membranöse Kanal wird ohne vorhergehende Öffnung des knöchernen mit einer Nadel verletzt (nach Breuer) 622

7. Vorsichtige Eröffnung eines knöchernen Bogengangs an Tauben ohne Verletzung des Blutsinus noch des membranösen Kanals, aus dem ein Stück herausgeschnitten oder -gezogen wird . . 623
Curschmann, Cyon, Spamer S. 623; Kritische Bemerkung Bornhardts gegen Curschmann S. 623; Extraktion des Labyrinths nach Steiner S. 623; Einseitige oder doppelseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths bei Tauben von R. Ewald S. 623—626.

8. Vorsichtige Eröffnung des knöchernen Bogengangs an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, welcher zur Vermeidung von Verletzungen der Nachbarteile durch Einführung einer feinen Sonde nach rechts und links zerstört wird 626
Schklarewsky, Berthold, Matte; Kritische Bemerkung J. Blochs 626

9. Vorsichtige Eröffnung des knöchernen Kanals an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, der nicht durchschnitten, sondern komprimiert wird 626
Vorschlag von Cyon S. 626; Plombierungsmethode der Kanäle nach R. Ewald S. 626—628.

Mechanische, chemische, thermische und elektrische Reizung der Bogengänge 629–631

B. Methodik der Versuche an der Schnecke 631–640
Methode von Gellé, Munk und Baginskys, Pollaks, Corradis S. 631; Star durch Töne erzeugt nach S. v. Stein S. 633; Die intracapsuläre Methode der Zerstörung der Schnecke nach v. Stein S. 613.

Methodik der Experimente über die Peri- und Endolymphe 640–642
Manometrische Methode Politzers S. 640; Beobachtungen Breuers, Methode Cyons, Methode Baginskys S. 641; Bemerkungen R. Ewalds über die verschiedenen Methoden, die Bewegungen der Peri- und Endolymphe zu beobachten . . 641–642

Methoden der Durchschneidung des N. acusticus 642–646
Methode Claude Bernards S. 642; Methode von Schiff S. 643; Methode von Goltz S. 643; Methode Cyons S. 644; Ein-

Seite

wand Bechterews gegen Cyon S. 645; Methode von Tomaszewicz S. 645; Methode Bechterews S. 646; Methode Schraders S. 646.

Instrumente zur Ausführung der genannten Versuche und zur Prüfung des Gehörs 646–650

Methode, die Tiere zu fixieren S. 646; Die für Ausführung der Versuche erforderlicheu Instrumente S. 647; Instrumente zur Prüfung des Gehörs S. 649.

Indicien, aus denen man auf Schallempfindungen der Tiere schliefsen darf 650–683

A. Subjektive Indicien der Schallempfindungen 650–660

Beobachtungen an Crustaceen (Hensen) S. 651; Beobachtungen an Insekten (Graber) S. 652; Beobachtungen an Vögeln (Flourens, Ewald) S. 655; Beobachtungen an Säugetieren S. 656—658; Autenrieth und Kerner S. 656; Einwand Essers gegen Autenrieth und Kerner S. 657; Beobachtungen Cuviers S. 567; Gellé S. 657; Beobachtungen an Hunden S. 658—660; Munk S. 658.

B. Objektive Indicatoren der Schallempfindungen und der im Ohrlabyrinth sich abspielenden Prozesse 660–683

I. Reflektorische Erscheinungen 662–676

a) Reflektorische Kontraktionen verschiedener Muskelgruppen 662–670

1. Die Bewegung der Ohrmuscheln S. 662; 2. Das Blinzeln der Augenlider S. 665; 3. Die Oscillationsbewegungen und die Stellung der Augen S. 665; 4. Die Weite der Pupillen S. 666; 5. Verschiedene Bewegungsstörungen S. 666; 6. Die Kontraktionen der Muskeln des Mittelohrs als Symptome von Schallempfindungen der Tiere S. 666; Beobachtungen Hensens S. 666; Bockendahls S. 667; Pollaks S. 668.

b) Vasomotorische Erscheinungen 670–675

1. Dilatation und 2. Kontraktion der Gefäfse: Beobachtungen Dogiels, Kronackers, Christianis, Istamanows S. 671; 3. Die endocraniellen Druckschwankungen S. 673: Beobachtungen Istamanows und Nagels S. 673—675.

c) Mikroskopische Untersuchungen der im Gehörorgan stattfindenden Vorgänge 676

Bewegung der Hörhaare und Otolithen bei Schallvorgängen nach Hensen und Ranke S. 676.

II. Anatomische Veränderungen 676–681

Beobachtungen von Moos und Steinbrügge; Habermanns S. 676; von Steins S. 677; Versuche Schautas mit der Extraktion des N. facialis S. 678; Beobachtung Ewalds S. 681.

III. Veränderungen in der Sensibilität und in den Funktionen anderer Sinnesorgane 681

IV. Veränderungen in den chemischen und physikalischen Vorgängen des Organismus 681

I.

Geschichtlicher Überblick.

Womit hören wir?

Auf diese Frage wird uns mit Leichtigkeit selbst ein auf der niedrigsten intellektuellen Entwickelungsstufe stehender Wilder antworten: Wir hören mit den Ohren.

Auf welche Weise geht aber dieser Prozefs der Wahrnehmung vor sich?

Auf *diese* Frage werden wir trotz tausendjähriger Anstrengungen, trotz einer ungeheueren Anhäufung faktischen Wissens, keine befriedigende, vollständige und bestimmte Antwort erhalten können. Unser wissenschaftlicher Reichtum hinsichtlich dieser Frage besteht bei aller Gründlichkeit und Tiefe unserer anatomischen Kenntnisse eigentlich nur in einer langen Reihe von wahrscheinlichen und unwahrscheinlichen Vorstellungen und Vermutungen über die Funktionen der einzelnen Teile des Ohres. Noch lange wird man sich mit der Erforschung dieses Naturrätsels abmühen müssen, wiewohl anderseits hierin ein langer Weg bereits zurückgelegt ist.

Eine lange Zeit bildeten ein Hindernis für den Fortschritt die von den alten Philosophen überlieferten metaphysischen Ansichten, da dieselben unbewiesene Gedanken und einzig auf ihrer Subjektivität beruhende Voraussetzungen, sowie subjektive Erklärungen unverstandener Erscheinungen für durch nichts zu erschütternde Thatsachen, für Axiome ansahen und auf Grund derselben eine Reihe gewagter Schlüsse zogen.

Und auch heutzutage nimmt man noch manchmal gerne seine Zuflucht zu dieser Art, Naturereignisse zu erklären, da sie ja die leichteste und bequemste ist. Die Methode streng sachlich durchgeführter Prüfung der einzelnen Erscheinungen hat sich nur langsam Eingang zu verschaffen vermocht. Sie schränkt zu sehr das Feld der Thätigkeit ein und gibt dem Gedankenfluge viel zu wenig Freiheit, welcher so gerne vorwärts

stürmt, um durch logisch erkünstelte Schlüsse und dialektische Spitzfindigkeiten die Geheimnisse der Natur zu erklären und hierdurch einen schnellen, wenn auch nur scheinbaren Triumph zu feiern. Wie viel wunderbarster Hypothesen sind da nicht infolge solcher sophismatischer Trugschlüsse entstanden!

Nachdem die verschiedensten Kombinationen nach Möglichkeit erschöpft worden waren, wurden immer wieder neue Wege betreten, um wahrscheinlichere Erklärungsarten zu finden, von denen die einen bereits wissenschaftlich widerlegt, die anderen noch nicht bewiesen sind.

Bezugnehmend auf jene Eilfertigkeit, mit welcher Einige immer bereit sind, gewagte Vermutungen aufzustellen, bemerkt Breschet (1836)[1]) sehr richtig, indem er sagt: le véritable auteur d'une découverte n'est pas pour bien des gens celui qui a le premier vu et indiqué superficiellement les choses, mais celui dont les recherches amènent à une démonstration évidente et qui fait connaître les usages ou l'utilité des objets dont il est l'historien.

Und dennoch stellten anderseits diese sophistischen Vermutungen während vieler Jahrhunderte die einzige wissenschaftliche Quelle für die Menschen dar.

Die alten Weisen waren die Vorboten der jetzigen Wissenschaften. Ohne sie würden wir noch jetzt im Dunkeln irren. Deshalb dürfen diese Pioniere der Wissenschaft nicht mit Geringschätzung behandelt werden. Die Anstrengungen der alten Denker sind für uns sogar von nicht geringem Interesse, weil die Beurteilung ihrer Mifserfolge zur Überzeugung von einem zukünftigen Siege führen mufs.[2])

Die geschichtliche Entwickelung in den Vorstellungen über die Funktionen des inneren Ohres könnte man in drei grofse Perioden einteilen, und zwar in die: I. Periode, bedingt durch den Glauben an einen aër implantatus, von den ältesten Zeiten bis zu Cotugno's Entdeckung der Labyrinthflüssigkeit (1760);

die II. Periode. Von Cotugno's Entdeckung bis zu Corti's Entdeckung des nach ihm benannten Organs (1851);

und die III. Periode. Von Corti's Entdeckung bis auf die Neuzeit.

I. Periode.

Trotz der sonstigen Mannigfaltigkeit der Grundprinzipien in der Erklärung der Naturerscheinungen, waren sich hinsichtlich der Entstehung des Schalles fast alle alten Forscher darin einig: dafs derselbe durch den Schlag entstehe und durch die Luft sich weiter fortpflanze.

---

[1]) Breschet. Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouïe et sur l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés. Paris in 4°. Avec 13 planches. p. 32.

[2]) G. Lews. Die Geschichte der Philosophie in Biographieen. 1885. T. I.

Diogenes, *Διογένης ὁ Ἀπολλωνιάτης* (550—460 v. Chr.)[3]) sagt, dafs die Schallwahrnehmung durch ein Erzittern der *Luft* entsteht, welche innerhalb der (Blut-)Gefässe eingeschlossen sei.

Alkmaion, *Ἀλκμαίων* (500 v. Chr.)[4]) schreibt der Luft die Eigenschaft zu, den Schall zu übertragen und ihn innerhalb des leeren Raumes des Ohres zu erzeugen, wie denn alle leeren Körper einen Schall hervorbrächten.

Empedokles, *Ἐμπεδοκλῆς* (504—443 v. Chr.)[5]) fafst den Schall als das Resultat einer Lufterschütterung in einem schneckenförmig gewundenen Knorpel (*κοχλιώδης χόνδρος*) auf, welcher im Innern des Ohres aufgehängt ist und gleich einer Klingel den Schall gibt.

Demokritos, *Δημόκριτος ὁ Ἀβδηρίτης*[6]) (ein Anhänger des Leu-

---

[3]) Aristoteles. Opera omnia graece et latine. Parisiis. Editore Ambrosio Firmin Didot. 1854. Vol. III, 2, 6 p. 39.

Er beschreibt die Gefäfsverteilung im Körper; zwei Gefäfse endigten zu beiden Seiten des Ohrs. [*Τελευτῶσι δὲ παρὰ τὸ οὖς ἑκάτεραι* i. c. *φλέβες.*]

Claudii Galeni opera omnia. Editio Kühn. Lipsiae. 1830. T. XIX. *Περὶ φιλοσόφου ἱστορίας.* p. 309. *Περὶ ἀκοῆς*

Διογένης τοῦ ἐν τῇ κεφαλῇ ὄρος ὑπὸ φωνῆς τυπτομένου καὶ κινουμένου (Diogenes aëre capiti incluso qui voce percutitur ac commovetur).

[4]) Aristoteles Vol. III. De animal hist. Lib. I. Cap. XI. p. 9.

Ἔ τι δὲ κεφαλῆς μόριον, δι' οὗ ἀκούει, ἄπνουν, τὸ οὖς. Ἀλκμαίων γὰρ οὐκ ἀληθῆ λέγει φάμενος ἀναπνεῖν τὰς αἶγας κατὰ τὰ ὦτα. [Est praeterea capitis pars, qua audit, nec spirat, auris; neque enim Alcmaeonis sententia vera est, qui dicit capras auribus spirare.] Aus dieser Stelle will man schliefsen, dafs Alcmaeon die Verbindung zwischen Ohr und Rachenraum, welche später Eustachische Trompete genannt wurde, kannte. Biograph. Lexiko. Bd. I. p. 105. Edit. Kühn. T. XIX. p. 309 Galeni opera omnia.

Ἀλκμαίων ἀκούειν ἡμᾶς φησι τῷ κενῷ τῷ ἐντὸς τοῦ ὠτός· τοῦτο γὰρ εἶναι τὸ περιηχοῦν κατὰ τὴν τοῦ πνεύματος εἰσβολήν· πάντα γὰρ τὰ κενὰ ἠχεῖ.

(Alcmaeon audire nos dicit quod interior auris vacua sit. Etenim hoc esse quod spiritus impetu personat, omnia namque vacua resonant.)

[5]) *Ἐμπεδοκλῆς τὴν ἠκοὴν γίγνεσθαι κατὰ ἔμπτωσιν τοῦ πνεύματος τῷ κοχλιώδει χόνδρῳ, ὅπερ φησὶν ἐξηρτῆσθει ἐντὸς τοῦ ὠτός κώδωνος τρόπον αἰωρούμενον καὶ τυπτόμενον.* Edit. Kühn. T. XIX. Galeni opera omnia p. 309. (Empedocles auditum fieri appulsu spirantis aëris in cartilaginosam auris cochleam, quem censet ad interiorem aurem delatum esse et ad tympani vacuum sublatum et percussum.)

Hieraus, wie auch auf Grund einer Stelle des Aristoteles, kam man zu dem Schlufs, dafs Empedocles ein schneckenförmiges Gebilde im Ohr wohl gekannt haben mag.

Plutarchi Chaeronensis quae supersunt omnia graece et latine Editio Reiske. Lipsiae. Vol. IX. 1778. Cap. XVI. *Περὶ ἀκοῆς.* p. 571.

Ἐμπεδοκλῆς τὴν ἀκοὴν γίνεσθαι κατὰ πρόσπτωσιν πνεύματος τῷ κοχλιώδει ὅπερ φησὶν ἐξηρτῆσθαι ἐντὸς τοῦ ὠτὸς, κώδωνος δίκην αἰωρούμενον καὶ τυπτόμενον.	Empedocles auditionem fieri dicit, aëre accidente ad auris partem, quae cochleae instar in gyros contorta, intra aurem suspensa tintinnabuli instar percutiatur.

[6]) Mullachii Fragmenta Philosophorum Graecorum collegit, recensuit, vertit,

cippos 494—404 v. Chr.) der Begründer der Hypothese von den *Atomen* und einer der geistreichsten Männer jener Zeit, erklärte alle Erscheinungen, — ähnlich wie wir es heutzutage thun, — durch eine verschieden-

---

annotationibus et prolegominis illustravit, indicibus instruxit. Parsisiis. Editore Ambrosio Firmin Didot. 1860. p. 330 T. I. Theophrastus. 54. p. 360.

Τὴν δ' ἀκοὴν παραπλησίως ποεῖ τοῖς ἄλλοις εἰς γὰρ το κενὸν ἐμπίπτοντα τόν ἀέρα κίνησιν ἐμποιεῖν, πλὴν ὅτι κατὰ πᾶν μὲν ὁμοίως τὸ σῶμα εἰσιέναι, μάλιστα δὲ καὶ πλεῖστον διὰ τῶν ὤτων, ὅτι διὰ πλείστου τε κενοῦ διέρχεται καὶ ἥκιστα διαμίμνει· διό καὶ κατὰ μὲν τὸ ἄλλο σῶμα οὐκ αἰσθάνεσθαι. ταύτη δέ μόνον. Ὅταν δὲ ἐντὸς γένηται, σκίδνασθαι διατὰχους. τὴν γὰρ ψοφὴν εἶναι θρυπτομένου τοῦ ἀέρος καὶ μετὰ βίας εἰσιόντος.

Auditum vere similiter atque caeter. (philosophi) definit: aere enim in vacuum irruente motum effeci, sed (quod Democriti proprium est) aerem per totum corpus similiter penetrare, maxime autem per aures, quoniam hic per plurimum vacuum pervadat et minime permaneat; ideo in reliquis corporis partibus (sonum) non sentiri, sed solis in auribus. Ubi autem ad interna pervenerit, celeriter dimanare; esse (i. e. oriri) enim vocem aere contrito et per vim ingrediente.

Theophrastus. 55.

Ὥσπερ οὖν ἐκτὸς ποιεῖ τῇ ἁφῇ τὴν ἄισθησιν, οὕτω τῇ ἀκοῇ ἐντός. Ὀξύτατον δ' ἀκούειν, εἰ ὁ μὲν ἔξω χιτὼν εἴη πυκνός, τὰ δὲ φλέβια κενὰ καὶ ὡς μάλιστα ἄνικμα καί εὔτρητα κατά τε τὸ ἄλλο σῶμα καὶ τὴν κεφαλὴν καὶ τὰς ακοάς· ἔτι δὲ τὰ ὀστᾶ πυκνὰ καὶ ὁ ἐγκέφαλος εὐκρατος, καὶ τὸ περὶ αὐτὸν ὡς ξηρότατον. ἀθροον γὰρ ἂν οὑτως εἰσιέναι τὴν φωνήν, ἅτε διὰ πολλοῦ κενοῦ καὶ ἀνίκμου καὶ εὐτρήτου εἰσοῦσαν, καὶ ταχὺ σκίδνασθαι καὶ μαλῶς κατὰ τὸ σῶμα, καὶ οὐδὲ ἐκπίπτειν ἔξω.

Eodem igitur modo quo extrinsecus tactu sensum fieri statuit, ita intus auditu. Acutissime audiri, si membrana externa densa, venae inanes et quam maxime sine humore et benetum ad reliquum corpus, tum ad caput auresque perforatae, ossa autem firma et cerebrum bene mixtum, et quod circumdet, quam sicissimum sit. Ita enim vocem plenam intrare, per multum vacuum et humore carens et bene perforatum progressam, citoquo dimare aequaliter per corpus serpendo, neque excidere.

Theophr. 56.

Τὸ μὲν οὖν σαφῶς ἀφρόξεν ὁμοίως ἔχει τοῖς ἄλλοις, ἄτοπτον δὲ καὶ ἄδηλον κατὰ πᾶν τὸ σῶμα τὸν ψόφον εἰσιέναι, καὶ ὅταν εἰσέλθῃ διὰ τῆς ἀκοῆς διαχεῖσθαι κατὰ πᾶν, ὥσπερ οὐ ταῖς ἀκοαῖς ἀλλ' ὅλῳ τῷ σώματι τὴν αἴσθησιν οὖσαν. Οὐ γαρ, εἰ καὶ συμπάσχει τι τῇ ἀκοῇ, διὰ τοῦτο καὶ αἰσθάνεται.

Demokrites igitur in iis quae perspicue definit similia profert ac caeteri (philosophi), ineptum vero atque obscurum est per totum corpus penetrare sonum et ubi per aurem intraverit, per totum corpus diffundi, quasi tum non solae aures, sed universum corpus sentiat. Nam si quid etiam una cum auribus afficitur, ideo tamen non et ipsum sentit.

Galeni Oper. omn. edit. Kühn. Vol. XIX. De historia philosophica. p. 302 u. andere Stellen.

Λεύκιππος καὶ Δημόκριτος τὴν αἴσθησιν αἰ τὴν νόησιν γίνεσθαι εἰδώλων ἐξωθεν προσιόντων· μηδενὶ γάρ ἐπιβάλλειν μηδετέραν χωρίς τοῦ προσπίπτοντος εἰδώλου.

Leucippus et Democritus sensum et intelligentiam obtingere conjiciunt rerum simulacris foris occursantibus, neutrum autem horum obire posse cui objecti simulacrum non occurrat.

Aristotelis. Editio Borussica. V. Mit der Angabe aller Ansichten des Leucippus und Demokritus.

artige Zusammenlagerung und Bewegung von sehr kleinen, *unteilbaren* und *ungleichmässig grossen* Teilchen der Materie, von Atomen.

Die Eindrücke werden bedingt durch einen fortwährenden Ausfluſs (*ἀπορρόη* — effluvium) gewisser Art, welcher dadurch zu stande kommt, daſs die beweglichen Atome von dem Gegenstande sich losreiſsen. Damit aber diese Bewegung der Atome unsere Sinnesorgane erreiche, ist ein Medium unumgänglich notwendig — die *Luft*. So sehen wir z. B. einen Gegenstand darum, weil sich von ihm dessen „Abbildung" (*εἴδωλα*, simulacra) ausscheidet, welche die Luft durchfliegt und in unsere Augen eindringt. Was nun das Ohr anbelangt, so ruft die Luft, wenn sie in dessen leeren Raum stürzt (d. h. in eine Luftleere) eine Bewegung hervor, wobei sie durch den ganzen Körper hindurch, hauptsächlich aber in die Ohren herein dringt. Da hier nun der Raum luftleer wäre, so geschähe das Hereindringen hier innerhalb sehr kurzer Zeit. Dies wäre der Grund, weswegen der Schall nicht mit dem ganzen Körper, sondern nur mit den Ohren allein wahrgenommen würde. Ganz scharf gestalte sich das Gehör, wenn die Aussenmembran dicht, die Gefässe leer und jeder Feuchtigkeit bar, während die Knochen trocken und dicht wären und fest dem Gehirn anlägen.

Hippokrates, *Ἱπποκράτης* (460—377 v. Chr.) [7]), erklärt im Gegensatz hierzu die Entstehung des Schalles in den Ohren einzig und allein durch die Erschütterung des *kompakten* Teiles des äusseren Gehörganges und des durchaus *trocknen* Trommelfells, wie es denn durch die Erfahrung bekannt sei, daſs harte und trockene Körper am stärksten tönen [*Τεκμήρια δε πολλὰ ὅτι ξηρότατον ἠχεῖ μάλιστα*].

Hierdurch suchte er der uralten Ansicht einiger Philosophen entgegenzutreten, welche meinten, daſs der Schall im Gehirn allein erzeugt würde [*οὐδὲν οὖν τῶν ὑγρῶν ἠχεῖ ἀλλὰ ξηρά*].

Platon, *Πλάτων* (430—348 v. Chr.) [8]), welcher den Sitz der Seele auf die 3 Stellen — den Kopf, das Herz und die Leber — verlegt,

---

[7]) Magni Hippocratis opera omnia. Editio Kühn. Lipsiae. 3 Bde. (1825, 1826, 1827) T. I. p. 436. *Περὶ σαρκῶν* (de carnibus).

Τὸ δέρμα τὸ πρὸς τῇ ἀκοῇ πρὸς τῷ ὀστέῳ τῷ σκληρῷ λέπτον ἐστιν ὥσπερ ἀραχνιον, ξηρότατον τοῦ ἄλλου δέρματος. Dieses Citat deutet darauf hin, daſs Hippocrates das Trommelfell wohl gekannt haben mag. Edition Littré T. VIII. p. 603.

[8]) Platon's sämmtl. Werke. Übers. v. Müller mit Einleitungen begleitet von Karl Steinhart. Leipzig, Brockhaus. 1850.

Timaeus. VIII. S. 191.

Platonis Timaeus. Ed. Lindau, Lipsiae. 1828. p. 116.

Τρίτον δὲ αἰσθητικὸν ἐν ἡμῖν μέρος ἐπισκοποῦσι τὰ περὶ τὴν ἀκοήν, δι' ἃς αἰτίας τὰ περὶ αὐτὸ ξυμβαίνει παθήματα λεκτέον. ὅλως μὲν οὖν φωνὴν θῶμεν τὴν δι' ὤτων ὑπ' ἀέρος ἐγκεφάλου τε καὶ αἵματος μέχρι ψυχῆς πληγὴν διαδιδομένην, τὴν δὲ ὑπ αὐτῆς κίνησιν, ἀπὸ τῆς κεφαλῆς μὲν ἀρχομένην τελευτῶσαν δὲ περὶ τὴν τοῦ ἥπατος ἕδραν ἀκοήν. ὅση δ' αὐτῆς ταχεῖα (i. e. *κίνησις*), *ὀ ξεῖαν, ὅση δὲ βραδυτέρα, βαρυτέραν*

läfst den Schall der Reihe nach alle diese Körperstellen durchlaufen, wobei er, sei es auf unsre Gedanken, oder sei es auf unsre Leidenschaften oder Neigungen einen Einfluſs ausübe. Denjenigen Teil des Organismus, dem es gegeben ist, die Bewegungen der Luft ganz besonders wahrzunehmen, nennt man das Ohr. Diese Bewegungen, welche der Seele mit Hilfe des Gehirnes und des Blutes übermittelt werden, und welche im Kopfe ihren Anfang, in der Leber aber ihr Ende nehmen, bedingen schon das Hören an und für sich. Sind die Bewegungen scharf und rasch nacheinander folgend, so erhält man einen hohen Ton, geschehen sie dagegen langsam, so entsteht ein tiefer Ton; gleichmäfsige Bewegungen erzeugen einen glatten, weichen, ungleichmäfsige aber einen unangenehmen, rauhen Ton; durch sehr bedeutende Erschütterungen wird derselbe stark, durch unbedeutende schwach.

Nach Aristoteles (384 v. Chr.)[9]) ist das Element des Gehörs (*στοιχεῖα*) die Luft, gleich wie dasjenige des Auges das Wasser, des Geruchsinnes das Feuer, des Gefühls und des Geschmacks die Erde ist (folgt also der Anschauung des Empedocles). Wenn man mit einem Körper auf einen

---

(i. e. *θῶμεν*)· *τὴν δὲ ὁμοίαν ὁμαλὴν τε καὶ λείαν, τὴν δ' ἐναντίαν, τραχεῖαν· μεγάλην δε την πολλήν, ὅση δ' ἐναντία, σμικράν.* [Übers. v. Müller. Indem wir ferner die dritte Gattung unserer Sinneswahrnehmungen, die auf das Gehör bezüglichen, betrachten, müssen wir die Ursachen der auf dasselbe sich beziehenden Vorgänge angeben. Überhaupt wollen wir also als Ton den durch die Ohren hindurch vermittels der Luft, des Gehirns und des Blutes bis zur Seele sich verbreitenden Stofs, als Hören aber die dadurch erfolgende Bewegung bestimmen, welche vom Kopfe beginnt und in der Gegend der Leber aufhört; den raschen Ton bezeichnen wir als hohen, den langsamen als tiefen, den gleichförmigen als mild und glatt, den ihm entgegengesetzten als rauh, den mächtigen als laut, sein Gegenteil als leise.]

[9]) Editio Academiae Regiae Borussicae. Berolini. 1836. 5 Bde. Index.

Opera omnia graece et latine cum indice Parisiis. Editore Didot. 1854.

Traité de l'âme (*περὶ ψυχῆς*). Liv. II. Chap. VIII. p. 220. Traduit par Barthelemy-Saint-Hilaire. 1846. Paris.

a) VIII. B § 6. ... *ψοφητικὸν μεν οὖν τὸ κινητικὸν ἑνος ἀέρος συνεχεία μέχρις ἀκοῆς, ἀκοὴ δὲ συμφυὴς ἀέρι. διὰ δὲ τὸ ἐν ἀέρι εἶναι, κινουμένου τοῦ ἔξω τὸ εἴσω κινεῖ.*

b) § 10. *ὁ ἐν τοῖς ὠσὶν* (*ἀὴρ*) *ἐγκατῳκοδόμηται προς τὸ ἀκίνητος εἶναι, ὅπως ἀκριβῶς αἰσθάνηται πάσας τὰς διαφορὰς τῆς κινήσεως.*

c) *ἀεὶ γὰρ οἰκείαν τινὰ κίνησιν ὁ ἀὴρ κινεῖται ὁ ἐν τοῖς ὠσίν.*

In seiner Naturgeschichte der Tiere (Übers. v. Karsch, Stuttgart 1866). I Buch 6 Kap. S. 34 legt er alles ihm Bekannte über die Struktur des Ohres dar. Das äufsere Ohr besteht aus einem Ring und einem aufserhalb befindlichen knorpligen Teil. Das Innere ist dem *οἱ στρόμβοι*, d. h. einer gewundenen Schnecke ähnlich; es ist von einem Knochen, welcher das Ohr vorstellen soll, umgeben; es steht mittelst eines Ganges (*πόρος*) nicht mit dem Gehirn, sondern mit dem Gaumen in Verbindung. Das Gehirn entsendet hierher eine Vene. — Das Trommelfell scheint Aristoteles nicht zu kennen. — Aristoteles führt auch einige vergleichend-anatomische Bemerkungen über die Bewegungen der Ohrmuschel und über das Fehlen des äufseren Gehörganges bei manchen Tieren an. Siehe Über die Teile der Tiere. Deutsch v. Karsch. 1855. Stuttgart.

anderen schlägt, welcher in zitternde Bewegungen zu geraten im stande ist, so erhält man einen Schall. Um nun diese Erschütterungen weiter zu verbreiten, sind folgende Medien notwendig: die Luft, das Wasser, harte Körper. Gleich dem Lichte wird der Schall, wenn er auf Hindernisse stöfst, zurückgeworfen und bringt dann das Echo hervor, welches jedoch nicht überall hörbar ist. Wiewohl die Luft nicht der beste Schallleiter ist, so übermittelt sie uns doch den gröfsten Teil der Gehörwahrnehmungen. Die Bewegungen der *äusseren* Luft erreichen das Ohr und bringen die in demselben eingeschlossene *innere* Luft (ἀὴρ ὀυμφυής) in Bewegung. Daher hört auch das Tier nicht mit allen Teilen des Körpers, sondern einzig und allein mit den Ohren. Diese Luft nun, welche im tiefsten Inneren des Ohres eingeschlossen sich befindet, ist *unbeweglich*, da sie nur in diesem Zustande die allergeringsten Bewegungen von der äufseren Luft empfangen kann. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt: So hören wir z. B. in der Nacht aus dem Grunde besser, weil die Luft, welche am Tage durch die Sonnenwärme in Thätigkeit versetzt wird (Anaxagoras), nachts, infolge der dann eintretenden Abkühlung beruhigt, nicht mehr rauscht (Problemata, sectio XI § 33; vgl. § 41, 48, 62, 64). Jedenfalls aber mufs man sich vorstellen, dafs die innere Luft sich in einer gewissen eigentümlichen eigenen Thätigkeit befindet, welche nur dann für uns wahrnehmbar wird, wenn wir an das Ohr ein Horn ansetzen. Das Genick, welches ebenfalls einen mit Luft ausgefüllten Raum darstellt, nähme auch teil am Hören. — Die Verschiedenheit der Tonhöhe hängt von der Zahl der Bewegungen ab: hohe Töne werden durch häufige, tiefere durch seltene Bewegungen bedingt.

Alle nachfolgenden Gelehrten hielten sich im Laufe vieler Jahrhunderte an irgend eine von den angeführten Hypothesen, indem sie dieselben entweder gar nicht veränderten, oder indem sie ihnen verschiedene Zusätze hinzufügten. So folgte Epikur (341 v. Chr.) der atomistischen Lehre des Demokritos, aber nur mit dem Unterschiede, dafs nach seiner Meinung alle Atome von *gleicher* Gröfse wären. Das System dieses materialistischen Philosophen ist in poetischer Form von Lucretius [10]) dargelegt.

---

[10]) Lucretius. De rerum natura. Franz. Übersetzung aus dem Lateinischen. Lucrèce. De la nature. Traduction nouvelle avec texte revu d'après les travaux les plus recents par L. Crouslé, 2. ed. Paris 1885.

Liber. IV. p. 224. Vers 521.

Principio, auditur sonus et vox omnis, in aures.
Insinuata suo pepulere ubi corpore sensum.
Corpoream vocem quoque enim constare fatendum est.
Et sonitum, quoniam possunt impellere sensus.
Praeterea radit vox fauces saepe, facitque
Asperiora foras gradiens arteria (i. e. trachea) clamor.
Quippe, perangustum turba major coorta
Ire foras ubi coeperunt primordia vocum,
Scilicet, expleti quoque janua raditur oris,

Der Schall und die Stimme werden nach ihm nur dann wahrgenommen, wenn ihre Moleküle, in das Ohr hereinstürmend, dasselbe in Thätigkeit versetzen. Dafs das Letztere durch rein materielle Teilchen bedingt wird (principia), kann man schon daraus schliefsen, dafs die in dem engen Teil der Kehle wirr durcheinander befindliche Masse von Schallelementen das Gewebe des Mundes beim Herausfliegen in Erschütterung bringt. Die Verschiedenheit der Tonhöhe hängt von der Zusammensetzung der Elemente ab.

Im Laufe der nächsten Jahrhunderte bis dicht an GALEN heran wurde beinahe nichts für die Physiologie des Ohres geleistet. Dagegen wurden in jener Zeit neue anatomische Thatsachen entdeckt und den Unebenheiten der Ohrmuschel [11]) Bezeichnungen verliehen, welche sich bis zu unserer Zeit erhalten haben.

Haud igitur dubium est, quin voces verbaque constent
Corporeis e principiis, ut laedere possint. Vers 539.
Asperitas autem vocis fit ab superitate
Principiorum et item laevor laevore creatur.

[11]) HEROPHILOS (ca. 335—280 an. Chr. n.) und ERASITRATOS (ca. 304 an. Chr. n.) haben gezeigt, dass die Nerven im Gehirn ihren Anfang nehmen und dafs sie sensibler oder motorischer Natur wären. Herophilos beschreibt den Calamus scriptorius *ὅπερ Ἡρόφιλος εἴκαζεν ἀναγλυφῇ καλάμου, ᾧ διαγράφομεν* [partem . . ., quam H. similabat cavitati calami, quo scribimus]. Galeni Op. om. ed. Kühn.

Vol. II. p. 731. De anatomici administrationibus. Lib. IX. Cap. V. Vol. V. De placitis Hippocratis et Platonis. Lib. VI. Cap. VI p. 547, 604. Baas, Grundr. d. Geschichte d. Medicin 1876. T. 90. Hier sind auch die nachgebliebenen Erfahrungen der beiden Gelehrten angeführt.

RUFUS EPHESIUS (ca. 97 post Chr. nat.) war der erste, welcher folgende Teile bezeichnete: „partem pendulam — *λοβὸν* (fibram), quam etiam solam auris particulam nomen habere, caeteras vero nomine carere dixit Aristoteles. At medici illis quoque nomina imposuere. *πτερύγιον* quidem (pinnam) sumpremam partem, quae lata est atque declivis, appellantes; *ἕλικα* (*ἕλιξ*) autem, totum illud, quod abhinc aurium extremam oram ambit; *ἀνθέλικα* id, quod in medio cavitatem extollit; *κόγχην* post *ἀνθέλικα* cavum; oppisitam vero conchae eminentiam juxta temporis fines, *τράγον* (bircum), helicis autem finem, qui subbrevis est, *ἀντιλόβιον* vocant". HENRICUS STEPHANUS. Dictionarium medicum vel Expositiones vocum medicinalium ad verbum excerptae ex Hippocrate, Galeno, Oribasio, Aretaeo, Rufo Ephesio, Aetio, Alex. Tralliano, Paulo Aegineta, Actuario, Corn. Celso cum latina interpretatione. Index. 1564. pp. 528. De Appellationibus partium corporis humani. Ex. Rufo Ephesio. p. 530. *ἀκοή*. p. 589.

MARINUS (ca. 100 post Chr. n.), Lehrer des Galen, fafste den n. acusticus und facialis als einen Nerven auf unter der Benennung eines V. Paares.

Ἔστι δὲ καὶ ἄλλη συζυγία νεύρων, ἣν Μαρῖνος ὀνομάζει πέμπτην, καίτοι γε οὐκ ἐλκμιᾶς ἀκριβῶς ῥίζης ἀνίσχουσαν, ἀλλ' εἰσὶ μὲν πλησίον ἀλλήλων, ἕτερον δ' ἐξ ἑτέρας ἐκφύεται νεῦρον.

[Deinceps vero altera est nervorum conjugatio, quam Marinus quintam nominat; quamvis non ex una exquisite radice exurgat, sed sibi mutuo vicinae sunt alterque ex altera exoritur nervus.]

Galeni Op. om. ed. Kühn. Vol. II. De nervorum dissectione. Cap. VI. p. 837.

Unter anderem finden wir auch bei CICERO [12]) eine kurze physiologische Bemerkung. Er sagt nämlich, dafs das Ohrenschmalz und der gewundene äufsere Gehörgang dazu bestimmt wären, das Ohr vor dem Eindringen kleiner Insekten zu schützen und dafs ferner die Unebenheiten der Ohrmuschel dazu dienten, den Schall zu reflektieren und zu verstärken. — Auch der berühmte CLAUDIUS GALENUS (131—201 n. Chr.) [13]) hat nicht viel mehr für die Anatomie und Physiologie des

---

[12]) CICERO. De natura deorum libri tres.

Editio 1857. Berlin. Erklärt von Schoemann. Lib. II. Cap. 57. 144.

„Auditus autem semper patet; ejus enim sensu etiam dormientes egemus; a quoquum sonus est acceptus, etiam e somno excitamur. Flexuosum iter habet, ne quid intrare possit, si simplex et directum pateret; provisum etiam, ut, si qua minima bestiola conaretur irrumpere, in sordibus aurium tamquam in visco inhaeresceret. Extra autem eminent quae appellantur aures, et tegendi causa factae tutandique sensus, et ne adjectae voces laberentur atque errarent priusquam sensus ab his pulsus esset. Sed duros et quasi corneolos habent introitus multisque cum flexibus, quod his naturis relatus amplificatur sonus. Quocirca et in fidibus testudine resonatur aut cornu, et ex tortuosis locis et inclusis soni referuntur ampliores."

[13]) GALENUS. Opera omnia. Edit. Kühn 1821. Griech. Text mit lat. Übersetzung in XX Bdn.

a) Vol. III. De usu partium corporis humani Lib. XI. Cap. XII Vers. 893—4—5—6.

b) Vol. X. Methodi medendi. Lib. IV. Cap. VI. p. 455.

c) Vol. III. De usu partium corp. hum. Lib. VIII. Cap. VI. p. 644, 5, 6, 7. Galen widerlegte die Ansicht seines Lehrers *Marinus* hinsichtlich der Vereinigung des Acusticus mit dem Facialis. Er wies darauf hin, dafs der hintere Teil dieses Nervenstammes in einem gewundenen Kanal verläuft, welchen die Alten für blind ansahen, und welcher hinter dem Ohre wieder zum Vorschein kommt. Der eigentliche N. acusticus aber ginge, mit der ihn umgebenden harten Gehirnhaut, in die Gehörsöffnung und bedecke, in einem Knochenplättchen sich ausbreitend, den Gehörgang. Diesen Teil vergleicht Galen mit der „krystallförmigen Flüssigkeit" des Auges (*κρυσταλλοειδὲς ὑγρὸν*).

Vol. II. De nervorum dissectione. Cap. VI. pp. 837, 8.

ἐν μὲν τοῖς πρόσω μᾶλλον ὅ καλοῦσιν ἀκουστικὸν, εἰς τὸ τρῆμα τῆς ἀκοῆς ἐκπίπτον ἅμα τῇ συνεκφυομένῃ μήνιγγι τῇ σκληρᾷ, μεθ' ἧς πλατυνθὲν ὑπαλείφει τὸν πόρον ἐκ δὲ τῶν ὀπίσω θάτερον εἰς ἕτερόν τι τρῆμα τοῦ λιθοειδοῦς ἐκπίπτον ὀστοῦ τὸ καλούμενον τυφλόν. ὡ νόμασαν γὰρ οὕτως οἱ παλαιοὶ τῶν ἀνατομικῶν αὐτὸ, ξμὴ δυνηθέντες ἀκριβῶς ἀνατρῆσαι τὴν λίκα, δι' ἧς ἐκπίπτει τὸ νεῦρον πρὸς τὸ ἐκτὸς ὀπίσω τῶν ὤτων.

Ac in anteriori quidem magis parte, qui auditorius vocatur, qui una cum dura cerebri meninge simul exoriente in auditus foramen incidit, cum qua in latitudinem sese explicans meatum sublinit. A posteriori vero parte alter in aliud quoddam petrosi ossis foramen incidit, quod coecum appellatur: sic enim veteres anatomici hoc foramen nominant, propterea quod anfractum illum, per quem nervus foras post aures excidit, haud possent perfecte perforare.

Vol. VII.

De symptomatum causis.

Lib. I. Cap. III. p. 103.

ὃν γὰρ ἐν ὀφθαλμῷ λόγον ἔχει τὸ κρυσταλλοειδὲς ὑγρὸν, τοῦτον ἐν ὠσὶ τὸ κατὰ τὸν ἀκουστικὸν πόρον τὸ ἔνδον πέρας, ἔνθα συνάπτει τῷ νεύρῳ πλατυνομένῳ.

Quam enim habet in oculo rationem humor crystallinus, hanc habet in auribus internus auditorii meatus finis, ubi nervum dilatatum contingit.

Ohres geleistet, als seine Vorgänger. Das Element des Gehörs ist nach ihm die Luft. Demnach ist das Ohr zur Aufnahme von Tönen bestimmt, welche durch die Luft zu den Ohrmuscheln gebracht werden. Es erscheint auch der Knorpel, aus dem letztere bestehen, als das zweckentsprechendste Material. Wären die Muscheln ganz hart, wie Knochen, oder weich wie Fleisch, so würden sie leicht brechen oder zerreifsen. Indem sie leicht hervorragen, schützen sie den Gehörgang und halten den Schall nicht nur nicht ab, sondern verstärken ihn sogar. Letzteres wird unter anderem durch einen römischen Consul Hadrianus bewiesen, welcher die Hand an das kranke Ohr legend (*κοίλας τὰς χεῖρας*, manus cavas) leichter hören konnte. Die Unebenheiten — die Erhebungen (*κυρτὰ* — gibbae) und die Vertiefungen der Muscheln — haben die Bestimmung, sowohl zu verhindern, dafs Fremdkörper in den Gehörgang eindringen, als auch denselben vor den verschiedensten äufseren Gewalteinwirkungen zu schützen. Der von den Muscheln zurückgeworfene und verstärkte Schall fällt in den äufseren Gehörgang herein und erreicht eine am Ende desselben ausgespannte, dem Gehirn angehörende Membran, die von einem vom Gehirn entsendeten Nerven versorgt wird.

Die Bewegungen der Luft nun bringen gleich einer anprallenden Welle jenen membranösen Fortsatz in Erschütterung und gelangen dann über denselben hinweg ins Gehirn. Letzterer mufs vor äufseren Einwirkungen gut geschützt werden. Darum hat die Natur auch im Innern des Ohres eine sehr harte und feste Knochenmasse in der Nähe des Gehirns geschaffen, in welcher sich viele gewundene Gänge befinden, welche durch ihre wirre Anordnung an das *Labyrinth* erinnern. Die Erschütterung der Membran (des Trommelfells) allein ist wohl zur Wahrnehmung von Gehörseindrücken ungenügend; unumgänglich notwendig ist noch die Gegenwart eines eigenen Elementes — des spiritus animalis (*πνεῦμα*). Dieser wird in den Gehirnkammern gebildet und fliefst längs der Nerven zum funktionierenden Organ ab, um, nachdem er eine Ein-

---

Galen war der erste, welcher dem inneren Teil des Ohres den Namen eines Labyrinthes beigelegt hat.

Vol. XIX. De historia philosophica. Cap. XXVIII. p. 313.

Οἱ Στωϊκοί φασιν εἶναι τῆς ἡ ψυχὴ τὸ ἀνώτατον μέρος τὸ ἡγεμονικὸν τὸ ποιοῦν τὰς φαντασίας καὶ τὰς συγκαταθέσεις καὶ αἰσθήσεις καὶ ὁρμὰς καὶ τοῦτο λογισμὸν καλοῦσιν· ἀπὸ δὲ τοῦ ἡγεμονικοῦ ἑπτα μέρη ἐστὶ τῆς ψυχῆς ἐκπεφυκότα καὶ ἐκτεινόμενα εἰς τὸ σῶμα, καθάπερ αἱ ἀπὸ τοῦ πολύποδος πλεκτάναι . . . τῶν δὲ ἑπτὰ μερῶν τῆς ψυχῆς πέντε μὲν ἐστι τὰ αἰσθητήρια ὄρασις, ἀκοή, ὀσφρησις, γεῦσις καὶ ἁφή . . .
ἀκοὴ δὲ πνεῦμα διατεῖνον ἀπο ἡγεμονικοῦ μέχρις ὠτῶν.

Stoici dicunt supremam animae partem esse principem facultatem effectricem imaginationum, assensionum, sensuum et appetitus ac eam ratiocinationem vocant. Ab hac autem principe facultate septem partes sunt animae propagenes, quae ut polypi acetabula in corpus propagantur . . . Ex his autem septem animae partibus quinque sunt quidem proprii sensus, visus, auditus, odoratus, gustus et tactus. . .
auditus autem spiritus qui a principe facultate ad aures usque excurrit.

wirkung erhalten, wieder zur Stelle zurückzukehren, wo das Hören dann stattfindet.

Nach Galen trat eine lange wissenschaftliche Pause ein.**) Während des Zeitraums von mehr als *tausend* Jahren bildeten die griechischen und später die arabischen Autoren die Hauptquelle, aus der die medizinischen Kenntnisse geschöpft wurden. In jener wirren Zeitperiode der Völkerwanderungen, der Umgestaltung religiöser und moralischer Begriffe, in jener Zeit, in welcher allmählich neue Ansprüche auf Regierungsformen entstanden, welche mit denen der alten Welt in eigentümlicher Weise kontrastierten und ihr doch angepafst werden mufsten, konnte der noch wenig ausgebildete und unerfahrene menschliche Geist, welcher durch die damaligen Zeitvorgänge in einem fort beunruhigt und aufgeregt wurde, sich nicht mit der nötigen Ruhe auf einen Gegenstand konzentrieren. So kam es, dafs man sich allmählich daran gewöhnte, die Meinungen und Ideen der früheren Gelehrten von Generation zu Generation kritiklos zu überliefern, sodafs sie zuletzt als unerschütterliche Thatsachen galten, an denen zu rütteln oder zu verändern, geradezu als ein Verbrechen ausgelegt wurde. Dazu kam, dafs man allmählich beim Überliefern jener Ideen nur die Worte wiederholte, den Sinn derselben jedoch vergafs. Diesen nun zu erklären oder überhaupt begreifen zu lernen, galt lange Zeit als höchste Gelehrsamkeit. Ein weiterer Grund für den langen Stillstand in der Wissenschaft war der religiöse brutale Fanatismus.

Erst als man begann, sich mit den religiösen Fragen eingehender zu beschäftigen und hier Manches anzuzweifeln, drang der kritische Geist auch auf anderem Gebiete des menschlichen Wissens durch. So entstand auch allmählich das Verlangen danach, durch eigene Beobachtung dasjenige zu prüfen, woran man durch so viele Jahrhunderte hindurch blindlings geglaubt hatte.

Das Verdienst, mit der wissenschaftlichen Anatomie begonnen zu haben, gebührt Mondino de Luzzi [14]) (1314), Professor zu Bologna. Derselbe eröffnete zwei weibliche Leichname, um sich zu überzeugen, inwieweit die damaligen anatomischen Vorstellungen mit den Thatsachen sich wohl decken mochten. Den Kopf der beiden Leichen liefs er unberührt, um nach den Begriffen jener Zeit sein Gewissen mit keiner „Todsünde“ zu belasten. Jedenfalls gab er durch diesen für damalige Zeiten im verwegensten Sinne des Wortes waghalsigen Schritt den ersten

**) Cassius Felix 447 p. Chr. n.; erwähnt, dafs während des Gähnens das Gehör geschwächt wird.

[14]) Mundinus. De omnibus humani corporis interioribus membris Anathomia. Impressit Argentine. Martinus Flach a. D. 1513. in. 4° min. In seiner „Anathomia“ hat er für das Ohr wenig geleistet: er hat nur die Gestalt der Ohrmuschel und des Gehörgangs beschrieben. Biographisches Lexikon. Heraus. v. Hirsch. 1886. Bd. IV. S. 264. Haeser hat nachgewiesen, dafs man schon vor Mondini Leichen öffentlich seciert hat, jedoch ohne kritisches Vorgehen.

Anstofs zur weiteren Entwickelung der anatomischen Wissenschaft. Die Anatomie des Mondino wurde mit einem geradezu ungewöhnlichen Enthusiasmus bewillkommnet; während 200 Jahre war sie allgemein gebräuchlich. Die studierende Jugend vergötterte ihn (Mellerstadt: „Mundinus, quem omnis studentium universitas colit ut Deum").

Hiernach fing man allmählich überall an, Leichenöffnungen vorzunehmen, und, wo man Leichen nicht bekommen konnte, schreckte man selbst vor verbrecherischen Handlungen nicht zurück, um sich welche zu verschaffen. [15])

Späterhin, als die Welt sich schon gewissermafsen an die Leichenobduktionen gewöhnt hatte, pflegte man den Anatomen die Leichen Hingerichteter zu übergeben oder man schenkte ihnen sogar lebende Verbrecher, welche dann von den Gelehrten vergiftet wurden (Fallopius).[16])

Immer häufiger wurden die anatomischen Leistungen.[17]) Eine Ent-

---

[15]) Baase, Grundzüge d. Geschichte d. Medicin. 1876. p. 238.

Wenn man bedenkt, dafs eine lange Zeit hindurch sämtliche anatomischen Kenntnisse aus der Schrift: Copto „Anatomia porci" (enthalten in der „Collectio Salernitana", Ausg. de Renzi 2½ Seiten) und einer zweiten anonymen Abhandlung „Demonstratio anatomica porci" geschöpft wurden, so erscheint ein derartiges Vorgehen wenigstens begreiflicher.

[16]) Baase, Grundz. d. Gesch. d. Med. 1876, p. 346.

[17]) Alessandro Achillini (1463—1505). Anatomicae annotationes magni Al. Achillini Bononiensis editae per fratrem Joh. Philotheum. 1520. 4°.

Er beschrieb das Labyrinth (l. c. Baase, Grundz. d. Gesch. d. Med. 1876, p. 238). Er soll zwei Gehörknöchelchen entdeckt haben, wovon er jedoch in keiner seiner Schriften Erwähnung thut.

Berengario Carpensis († 1550). Commentaria cum amplissimis additionibus super anatomiam Mundini cum textu ejus in pristum nitorem redacto. Bologna. 1521. 4°. 1. Ausg.

Dies ist das erste Buch, in dem zwei Gehörknöchelchen beschrieben werden, welche schon früher entdeckt worden waren. Hier ist auch zum ersten Male das Trommelfell genau beschrieben; es bleibt unentschieden, ob dasselbe eine Verlängerung der Gehirnhäute oder des Gehörnerven bildet. l. c. Morgagni (1740); p. 109. ...„qui exposuit nomine certae vacuitatis, quam claudit quidam panniculus subtilis et solidus. — Et huic panniculo intra praedictam vacuitatem adjacent, inquit, duo ossicula parva; quam vacuitatem alibi vocat concavitatem anfractuosam et cavernam".

Vidi Vidii († 1569), Lehrer des Vesal, spricht in der Anatomia corporis humani (Venetiis, 1611, Cap. I, § X, XI. Opus postumum) zum erstenmal von einer Membran, welche die fenestra rotunda schliefst: „eadem membrana obductam", l. c. Morgagni, Epistol. anat. VII, p. 174. 1.

Andreas Vesalius (1514—1564), versetzte der Autorität des Galen einen mächtigen Stofs und brachte einige neue anatomische Thatsachen des Ohres, welche in seinen Schriften niedergelegt sind.

Lib. I. „De corporis humani fabrica" (1543. 1, edit.), p. 185. (Edit. Basiliae in fol. 1555).

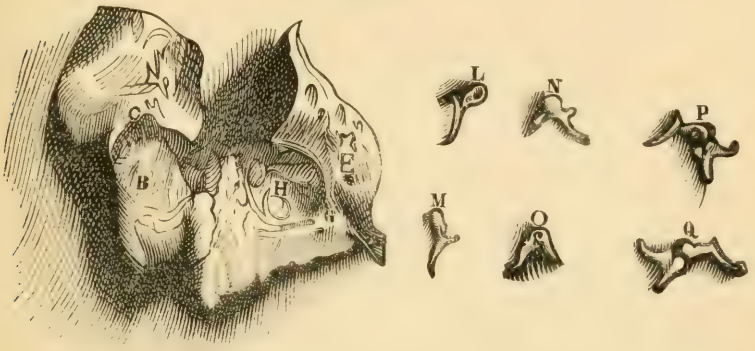
Der Ohrknorpel ist an den Knochen um den meat. audit. ext. mit Hilfe von Membranen befestigt. p. 43. Cap. VIII. De ossiculis auditus organi constructionem ingredientibus.

deckung folgte der anderen. Man untersuchte auch das Ohr. Jedem neu entdeckten tiefer liegenden Teil dieses Organs schrieb man zwar sogleich die hauptsächlichste Rolle beim Hörakt zu, aber nichtsdestoweniger wurde schrittweise der wunderbare Bau des Labyrinths aufgedeckt.

Von Vesal stammt die erste hier angeführte Zeichnung des Gehörorgans und der Gehörknöchelchen, die wir besitzen.

Getreu nach dem Original wiedergegeben.

Fig. 1



„Haec figura auditus organi ossicula exprimit. Praecipua enim illius figura effigies, portionem ex dextri temporis osse exectam commonstrat: quae dein per medium divisa, duas quae in illius ossis cavitate reponuntur, membranas, una cum ossiculis ob oculos ponit: uti characterum index hunc in modum explicabit.

A A Foraminis portis, quod ab aure introrsum ad membranam B notandam pertinet.

B Membrana transversim foramini obducta, quod ab aure in cavitatem fertur, in temporis osse auditus organi nomine exculptam.

C Unum auditus organi ossiculum, malleolo assimilatum.

D Quinti nervorum cerebri paris nervus.

E Quinti paris ramus per coecum foramen ad musculum temporalem potissimum digestus.

F Quinti paris ramus per foramen procedens quo vena auditus organum petens excipitur.

G Series nervi quinti paris ad planam cavitatis sedem hic auditus organi occasione coelatae.

H Sedes orbicolarem circulum referens, cipos anteriori sedi auditos organi ossiculum jam I notandum committitur.

I Alterum auditus organi ossiculum, quod incudi et molari denti comparatur.

K K Cavernulae indicantur, quibus cavitas auditus organo parata, intos scatet.

L Mallei ab omnibus conterminis partibus liberi anterior facies.

M Mallei ab omnibus partibus liberi posterior facies.

N Incudis seu molaris dentis ab omnibus partibus liberi anterior facies.

O Incudis seu molaris dentis ab omnibus partibus posterior facies.

P Incudis ac mallei, ita ut in aure committuntur, simul nexorum anterior facies.

Q Incudis ac mallei una junctorum posterior facies.“

Den Steigbügel kannte Vesalius noch nicht.

Er nannte die zwei Gehörknöchelchen *Hammer* und *Ambos*.

„Caeterum si hoc ossiculum, quia tantum binis donatur cruribus, *incudi* assimilare minus placuerit, nihil profecto obstiterit, *molari denti* duabus tantum radi-

In der Erklärung von den Funktionen der neu entdeckten Teile verblieb man jedoch bei der Ansicht des ARISTOTELES und des GALENUS.

---

cibus praedito id conferre. Alterum ossiculum alterique innascitur membranae.“ Infolge einer Verdickung an einem seiner Enden „ossiculum femori opportune assimilabitur“. Da aber „superiori parti alterius ossiculi, quod molari denti, aut incudi assimilavimus, ita tenuissimarum membranarum interventu committitur, ac si *malleus* incudi laxe alligeretur“.

Dahinter befindet sich eine Reihe von Hohlräumen unbestimmter Natur (cavernosae sibi dissimeles). Eins von diesen Hohlräumen nennt Vesalius „buccinosum antrum“ (a buccina cornu recurvo et contorto, quo pastores pecus convacare etc. solebant l. c. Coiter, p. 103, 1572 r.). In diese Höhlen dringt quinti paris nervus: „sed insigniori sua portione, cavitatem temporis ossis incisam, *membranae* quodammodo ritu succingit et oblinit“. — Der Schall verbreitet sich nach Art einer Welle: e lapillorum in aquam *jactu persuademus*.

Vesalius erwähnt einen „Spalt“, der das Ohr mit dem Munde verbinde, ferner einen Ring, in welchem das Trommelfell ausgespannt sei, von ihm stammt die erste Zeichnung zweier Gehörknöchelchen, der Warzenhöhle, der Nervenausbreitung (unrichtige Auffassung) im Ohr, und des Trommelfells.

REALDO COLOMBO († 1559), Schüler Vesals. De re anatomica libri XV. Venetiis. in-fol. Deutsch. Francf. 1609, fol.

Er meinte, dafs der Hammer auf die m. tympani gleich einem Trommelschlägel schlüge und hierdurch das Gefühl des Schalles hervorbrächte (l. c. Coiter). Aufserdem würde durch das gegenseitige Reiben der Gehörknöchelchen aneinander ebenfalls ein Ton hervorgebracht (l. c. Spigelius, p. 474).

Am meisten von allen hat für die Anatomie des Ohres FALLOPIUS (1523 bis 1562) geleistet. Die erste Auflage seiner „Observationes anatomiae“ erschien Venetiis im J. 1561. Seine anatomischen Arbeiten sind alle ohne Zeichnungen.

Er wies darauf hin, dafs der Gehörgang bei den Kindern kürzer, während die Gröfse der Gehörknöchelchen beim Jüngling und Greise gleich wäre. Der Annulus tympanicus wäre beim Embryo abgetrennt. Er nannte den mittlern Raum des Ohres tympanum, „habet cum militari tympano similitudinem“, die diese Höhle bedeckende Membran membranula tympani; dieselbe hätte eine geneigte Stellung. Die Gehörknöchelchen wären an ihrer Berührungsstelle mit Knorpel bedeckt (*incrustatio cartilaginosa*). — Er entdeckte das filum s. *chordam tympani:* „Ego quid sit, aperte fateor, ignoro.“

Den zwei Öffnungen, welche in die dritte Höhle führen, gab er den Namen einer *fenestra ovalis*, vom Steigbügel bedeckt (entdeckt von Ingrassias), und einer *fenestra rotunda*, welche von einer Membran *nicht* bedeckt werde. Er beschrieb auf genaue Weise die einzelnen Teile des inneren Ohres und benannte dieselben auch. Die allgemeine Bezeichnung eines Labyrinths, welche Galen allen Räumen des Felsenbeins gegeben hatte, wandte Fallopius nur auf die eine Cavität an: „Cum igitur haec cavitas valde minor priore (i. e. tympanum) tot habeat meatus et cuniculos (circulares penitus) merito *labyrinthus* dicitur, in quam prospicit fenestra ovalis clausa a stapede ... Ab hac (i. e. cavitas) *tres cuniculi* oriuntur et in eandem redeunt circulares penitus, a quibus nomen accepit ipsa cavitas. Quorum *unus* est inferior, qui ab anteriori parte cavitatis divertens versus exteriora, ac deinde reflexus in eandem cavitatem, per posteriorem angulum recurrit. *Alter* cuniculus oritur ab eodem anteriori cavitatis angulo, sursumque elatus quasi ad *ὀρθογόφνιον* facto semicirculo, iterum in cavitatem fer angulum posteriorem regreditur. Tertius oritur et occidit, aut finit in posteriori angulo cavitatis: nam inde ortus perforatoque osse circulari quodam canali exteriora versus illuc iterum revertitur“. Es gibt noch eine Höhle, „quae

Ingrassias [18]) stellt sich die Funktion der einzelnen Teile des Gehörorgans folgendermafsen vor: Die Luft, welche durch tönende Körper

---

duobus aut tribus gyris in morem *cochleae* constat *neque exitum habet*" (blind endend) und in welcher „tenuissimum quoddam interstitium ossium (eine knöcherne Scheidewand) continetur"; in die Schnecke führt die fenestra rotunda. Alle diese Höhlen „membranula quodam mollissima ac tenuissima vestiuntur, quae an sit nervus expansus, an aliud non refert". Aufserdem fand er noch einige Öffnungen („tria aut quatuor reperi" *foramina minima*), durch welche Nervenfäserchen gingen. — Er schied den n. facialis von *n. acusticus*, indem er den Weg verfolgte, auf welchem feinste Fasern des n. acusticus in das Labyrinth und die Schnecke eindringen. Er beschrieb den Kanal, der nach ihm genannt wird. Er entdeckte ferner den *Aquae ductus* des Labyrinths und den mus. *attollens*.

[18]) Ingrassias (1510—1580). In Galeni librum de ossibus doctissima et expectatissima commentaria. Panormi. 1603, pp. 7, 8, 9. Ohne Zeichnungen.

„Meatus auditorius *oblique* tortuosum et instar labyrinthi flexuosum construxit".

Er ist gegen die Fallopische Einteilung der Höhlen im Ohr, und fafst sie alle zusammen unter dem Namen — tympanum.

Den stapes — das dritte Gehörknöchelchen — hat er zuerst (1546) entdeckt: „quia longe majorem similitudinem hoc ossiculum habet cum Stapha seu stapede, quam alia duo cum malleo et incude". Dasselbe bedeckt das foramen ovale, „ut nisi aliquo modo moveatur, in foramen illud ingredi nihil queat". Die Priorität der Entdeckung wurde bestritten von Colombo, Fallopio, Eustachio, Collado, l. c. Linke (1837). Er zeichnete den mus. *motoris mallei*, und wies die Verbindung der Paukenhöhle mit dem Warzenfortsatz nach.

„Exterior itaque aer a sonante re dura quapiam percussus, auris tympanique primam membranam malleumque illi adnascentem coalescentemque neccessario percutit agitatque ac movet. Malleus autem ita commotus agitatusque incudem eodem instanti percutit eodemque motu agitur ac movet; favet autem tali in incudem mallei concussioni minimus quidam musculus. Incus vero sic percussa et commota deorsum aliquatenus gravatur alteri cruri alligatam stapham comprimens, similique modo percutiens staphaque demum sic deorsum compressa, sua quidem basi sub se contentum a naturaque insitum in labyrintho aerem alium comprimit percutitque, qui sic denique commotus verberatusque per cavernulas anfractusque ac gyros secundae ac tertiae cavitatis decurrens (ad quos auditorius quinti paris nervus terminatur, in membranulas quosdam dissolutus extenuatus que illos oblinens) *ibique tintinans* quandam *velut echo* facit per aliam fenestram in eandem primam cavitatem resiliens ... ac agitatio in auditorium nervum ac ipsam denique cerebri substantiam imprimatur, audiendique actio compleatur".

p. 9. Quod quidem filum (nerveum) sive chordulam hic non interioris modo aeris, sed ossiculorum quoque motus percussioque agitat ac movet sicque demum perbelle sonus ibi representatur nervoque auditorio tanquam sensus communis nuntio imprimitur eoque spiritulilior speciorque auditus fit, quo magis intro ad cerebrum usque penetrat.

... „quia sine ipsis auditio fieri potest, pro ut *in avibus* perspicuum est, quae *nullam* ex praedictis particulis habent. Itaque propter meliorem perfectioremque auditum praesertimque in homine posita haec ossicula, membranaque a filum sunt".

p. 99. „In ampla ea cavitate conclusus aer respondent resonatque".

p. 100. ... „concava igitur omnia lenioraque ac densiore corpore cooperta magis resonant".

Ingrassias ist der Meinung, dafs man mit dem Munde hören könnte. Dies will er damit begründen, dafs infolge der Nervenanastomosen die Muskeln des Mundes

in Bewegung versetzt wird (p. 7 veluti ex lapidis in aquam jactu gyrum hunc in undis efficiente liquet (ut Galenus) bringt zunächst das Trommelfell in Schwingungen, und mit diesem auch den in demselben eingefügten Hammer. Die Schwingungen des letzteren teilen sich dem Ambos mit; hierbei ist ein kleiner Muskel von einer ganz besonderen Hilfe. Vom Ambos werden die Erschütterungen mittels seines langen Schenkels dem Steigbügel übermittelt. Der Steigbügel prefst und bewegt die im Labyrinth durch die Natur eingeschlossene Luft. Dieselbe durchströmt nun die für sie bestimmten kleinen Höhlen, Krümmungen und Windungen, und bestreicht die darin befindlichen verschiedenen Membranen, hierbei gleich dem Echo tönend, um zuletzt wieder in ihren ersten Raum zurückzukehren. Der durch die Bewegung der Luft auf den Gehörnerven ausgeführte Reiz wird dem Gehirn als das Hören überbracht.

An dem Prozefs des Hörens nimmt auch das nerveum filum, sive chordula teil; die in letzterer durch die Bewegung der Knöchelchen hervorgerufenen Schwingungen nämlich werden dem akustischen Nerven überliefert, wodurch die Gehörempfindung noch genauer, präziser wird und auch leichter das Gehirn erreicht.

Die gröfsere Anzahl von Gehörknöchelchen, das filum und das Trommelfell sind dem Menschen nur darum verliehen, damit er den Schall besser percipieren könne, da wir ja anderseits bei Vögeln z. B. einem derartigen Bau nicht begegnen.

Die mit Luft angefüllten Räume sind unumgänglich für die *Resonanz* und *Verstärkung* des Schalls notwendig.

Die übrigen Teile sind zum Schutze der Nerven bestimmt, propugnaculum, ne in omnibus externis injuriis essent expositi. p. 95 (Galen).

Bartholomaeus Eustachio († 1574)[19]) sagt: „in hoc fere omnes consentiunt *aërem*, qui dum sonus *editur*, tamquam unda fluctuat, *mem-*

---

die Luft in das Ohr mit Geräusch hineintreiben: „contingit, ut attractus retentusque in buccis aër isque quasi a buccarum musculis introrsum propulsus in aure quamprimum tendere sentiatur ibique sonus strepitusve quidam a nobis ventorum turenisve instar percipiatur.

[19]) B. Eustachio. Opuscula anatomica. Epistola de auditus organis. edit. 1707. p. 134. Er beschrieb auf genaue Weise den musc. tensor tympani p. 135. (17. Oct. 1562): „musculum, quod sciam, nemo adhuc invenit ... deinde vero angustior effectus tendinem gracillinum producit, qui in majorem apophysim ossiculi Malleo comparati, fere e regione minoris apophysis ejusdem, inseritur“ und mit dem übrigen Teil sich im Felsenbein befände. Filum seu chorda tenuissima ist ein Nerv, welcher sich mit dem n. facialis verbindet, und keine Arterie, wie dies bis dahin gedacht wurde und welcher mit dem n. maxill. infer. anostomosirt.

p. 141. propago ... Aurium cavum, in quo ossicula Auditus continentur, ingreditur, et oblique Tympano, ac deinde ossiculo malleum imitanti supra musculi insertionem adhaerescit, nec ibi desinit, sed ulterius procedens Os lapideum in posteriori sede Meatus Auditorii perforat, deorsumque reflexa parumper repit, ac tandem cum tenuiori duriorique ramo *quinti paris* nervorum Cerebri jungitur et

branam auditorio meatui obductam pulsare, ab illa deinceps consecutione quadam illa *ossicula* moveri.“ Weiterhin wird der Schall dem aëri congenito übergeben, und mit Hilfe dieser inneren Luft dem Nerven (ad nervum ascendere). Der Schall modifiziert sich nun, während er in *verschieden grofse* Höhlen geführt wird, verschiedentlich.

Die Bestimmung der Eustachischen Trompete bestünde darin, mit Kraft den Spiritus durchzuleiten; sie wäre ferner dazu da, damit: „non angustis foraminibus, sed amplissima via posse materias etiam Crassas vel a Natura expelli, vel Medicamentorum ope, quae masticatoria appellantur, commode expurgari“ (p. 140).

Eustachio bewies, dafs die Schnecke keine „coeca cavitas“ ist und dafs deswegen die Luftbewegungen aus der mittleren Höhle des Ohres und des Labyrinths erst dann den Nerven erreichen, wenn sie den centralen Teil des Schneckenraums durchschritten haben.*)

---

coit; hanc sane callidam, miramque Naturae salertiam caeteri Anatomici ignorarunt.“

p. 139. Er fand, indem er mit einem Draht sondierte, einen Kanal, welcher das cavum tympani mit dem cavum pharyngo-nasale verbindet und welcher später ihm zu Ehren Tuba Eustachii genannt wurde. Er beschrieb den Verlauf sowie die einzelnen Teile dieses Kanals, dessen Entdeckung er Alkmaeon zuschrieb. Er teilte den n. acusticus in drei Portionen. Er entdeckte ferner den membranösen Teil der Lamina spiralis der Schnecke.

p. 137. „ex duplici spirarum genere constare, quorum alterum, a nobis jam expositum, ab ossea substantia admodum tenui, sicca, et quae facile teritur, creatur; alterum vera, omnibus anatomicis adhuc *ignotum*, ex materia quadam fit *molli* et *mucosa*, *firma* tamen, et quae nescio quid arenosi permixtum habet, oriturque ex medio spacio priorum spirarum, tanquam ex ampliori basi, sensimque extenuatum in aciem desinit; sed non tam alte conscendit, ut ossis ambitum, qui priores spiras terminat, attingat.

p. 133. „quia duobus aut tribus gyris instar cochleae constat, nullumque, veluti illarum testae (Muschel), exitum habet; addunt etiam hanc, quemadmodum naturales dentium cavitates, membranula quadam mollissima ac tenuissima vestiri, quae an sit nervus expansus, an aliud, nihil referat.“

p. 137. „tribus spiris in orbem convolotum, quarum elatior superiorem obtinet sedem et nervum suscipit“.

Er wies auf die Axe (modiolus) und die Höhle der Schnecke hin und auf den Kanal, der in dieselbe hereinmündet p. 137. „Sed in medio, ea nimirum parte, cui spirae innituntur, a principio ad extremum usque, angusto et recto meatu est pervium, et ab eo foramine, cui triangulum ossiculum praeest, via aperta est, quae in majorem hujus ossis spiram desinit etenim si cavitas coeca esset, percussus aër nervo occurrere nullo modo posset. Sed, quia ita, ut dixi, res se habet, arbitror ipse aërem a tympano et ab ossiculis agitatum eo, quo exposui itinere, ad majorem ossis spiram pervenire, indeque ad minorem reflecti, mox per medium foramen rectum ad nervum ascendere.“

p. 141. „—qua conditione vocem per varias concavitates ac spiras, quasi per diversos gradus, sensim elaboratam, et quodam modo fractam, in Cerebrum ipsum ascendere voluerit. . . .“

*) Cardano (1560) l. c. erwähnt zuerst, dafs die Kopfknochen den Schall leiten; sie spielen demnach vielleicht auch eine aktive Rolle im Perceptionsakte.

Bei Volcher Coiter (1572)[20]) finden wir die vollständigste Erklärung des Gehörs. Er benutzte die Ansichten seiner Vorgänger, vereinigte sie zu einem zusammenhängenden Ganzen und vervollständigte sie durch seine auf Grund neu gefundener anatomischer Thatsachen aufgestellten Vermutungen.

Zunächst analysiert er die physischen Bedingungen der Fortpflanzung des Schalls, die er (wie Galen) mit den Wellen des Wassers vergleicht, welches durch Hineinwerfen von Steinstücken in Bewegung gerät. (Si injicias vel lapillos, vel glebas terrae, statim videbis circulos sive gyros excitari, quorum alter alterum excitat.) Eine solche Luftwelle wird, nachdem sie die Ohrmuschel erreicht hat, in der Richtung des äufseren Gehörgangs zurückgeworfen (Cicero, Galenus), wobei die auf der Oberfläche der Ohrmuschel zerstreuten Schallwellen in der engsten Stelle konzentriert werden; hierdurch wird der Schall verstärkt. (Alles dies ist durch kein Experiment bewiesen).

Der auf diese Weise verstärkte Schall[1]) „in membranam myringam incurrit"; die Bewegungen dieser Membran (tenuissima, pellucida, verum densa, nullis poris conspicuis praedita) werden den drei Gehörknöchelen übermittelt, welche ihrerseits „ex mutua confricatione sonum" (Colombo) wie es einige meinen, *nicht* hervorbringen, weil ihre Gelenkflächen mit Knorpel bedeckt sind. Sie haben die Bestimmung, den Schall besser zu leiten, da harte Körper bessere Schalleiter sind. (Ähnlicher Ansicht waren Casserio, Bauhin, Willis, du Verney, Valsalva, du Bois 1725, Heuermann 1751, Haller, Marherr, Caldani, E. Home, Magendie, Itard, Savart u. a.) Diese Bewegungen werden, nachdem sie auch der „Chorda" (Fallopius) mitgeteilt worden sind, dem aër implantatus übergeben. Aufserdem[2]) beugen die Gehörknöchelchen dem etwaigen Zerreifsen des Trommelfells bei starken Schalleinwirkungen vor — letztere werden zum Teil schon durch den schiefen und gekrümmten äufseren Gehörgang abgeschwächt, welcher das Trommelfell auch vor scharfen Temperaturveränderungen schützt und dank seinem Bau das Hereindringen von Insekten, sowie das Hereinfallen von Fremdkörpern aller Art verhindert.

Nach Aristoteles mufs der aër implantatus tenuis et subtilis in ruhiger Lage sich befinden und auch nicht mit der äufseren Luft in Zu-

---

[20]) Volcher Coiter (1534—1600). Externarum et internarum principalium humani corporis partium tabulae. ed. 1572. Septemb. De auditus instrumento. p. 89.

1) „est usus aërem percussum in angustum colligere, quo tanto distinctius audire queamus, nam si aër percussus transierit per locum amplum, diffunditur, dissipatur et multum de sua vi amittit, at per angustum transmeans, in unum colligitur, atque ex illa collectione majorem vim acquirit."

2) p. 97. „... quippe ut excipiendo soni vehementis impetuosique vim impediant, ne myrinx tenuis, ac valde tensa membrana, affatim ac violenter pulsata, disrumpatur".

sammenhang stehen, um die aller geringsten Schallschwingungen sofort weiter übermitteln zu können. Daher kann der aër implantatus sich nicht in der zweiten durch das Trommelfell abgegrenzten Höhle befinden, da ja hierher die äufsere Luft leicht durch die Eustachische Tube hereindringt, wovon man sich mit Leichtigkeit überzeugen kann, wenn man bei verschlossenen Nasenöffnungen stark ausatmet.[3])

Die durch den Steigbügel verschlossene fenestra ovalis und die mit *keinerlei* Membran versehene fenestra rotunda sind dazu da, um dem aër implantatus, der in einem dritten Raum — dem Labyrinth (Fallopius) — eingeschlossen ist, den Schall zuzuführen. Hier wird der Schall dadurch, dafs er die gewundenen und engen Kanäle durchläuft, *geklärt* und *verstärkt*, wie dies auch an musikalischen Instrumenten beobachtet wird. In solchen Kanälen, welche verschiedene Richtungen haben, kann der aër implantatus sich vollständig in Ruhe befinden; das *gewundene* Aussehen der Kanäle hat seinen Grund in der relativen Kleinheit des Felsenbeins. Es giebt noch eine vierte Höhle, welche Vesalius buccinosum antrum und Fallopius cochlea genannt hat. Der Nutzen dieses Hohlraums ist sofort ersichtlich. Setzt ein Horn ans Ohr und ihr werdet verschiedenartige Geräusche hören: sibillus, tinnitus, susurrus. Deswegen hat auch Deus Creator das Ohr mit einem gewundenen Hohlraum geschmückt, damit durch ihn der Schall verstärkt werde (p. 103).

Die Schnecke, welche übrigens mit einer „Membranula mollissima ac tenuissima" ausgekleidet ist, wird in zwei Höhlen geteilt.

Wozu dient aber nun die Eustachische Trompete?

Dieselbe schützt das Trommelfell vor dem Zerreifsen, welches durch zu starke Schalleinwirkungen bedingt werden könnte. Bei den letzteren fliegt nämlich der aër implantatus durch die Eustachische Tube heraus,[4]) welche zu diesem Zwecke sich bald öffnet, bald schliefst.

Nun entsteht aber die Frage, auf welche Weise folgender Widerspruch ausgeglichen werden könne: Nach Aristoteles soll der aër im-

3) „...Caeterum deprehendimus ore, naribusque occlusis, cohibito spiriter, ac inflatis buccis, aërem ab ore in aurem impelli".

p. 102. „...quia in ea multi cuniculi reperiuntur, qui in eandem, labyrinthi instar, circulari modo, cavitatem redeunt. Anfractuum cavernarumque finalis causa est, ut sonus per angusta transiens loca, tanto acutior et exquisitior foret, quod ex artificialibus instrumentis, praecipue Musicis satis liquet.

... Quoniam vero hi canaliculi propter brevitatem petrosi processus, in longum exproduci nequiere, recompensata est longitudo circumvolutione et gyroso anfractu."

4) p. 101. „Si vero semper apertus fuisset hic meatus, ex ore in aures facile, quid mali vaporis ingredi potuisse, quare non semper patet, sed aliquando, aliquando non, pro necessitate".

p. 97. „Secundus usus est, ut cum ob membranae laesione auditus difficilior obtussiorque redditur, per hanc viam sonus *per os* ingressus ad aurium intima pertinget... hiante ore, voces et sonos excipiunt". Viele Stellen von Coiter sind fast wörtlich aus Fallopius, Eustachio und vielleicht auch von anderen abgeschrieben worden, ohne dafs die Quelle angegeben worden wäre.

plantatus vollständig rein sein und keine Berührung mit der äufseren Luft haben, indessen die äufsere Luft hat aber durch die Eustachische Trompete einen freien Zutritt zur innern?

Auf diese Frage antwortet Coiter durch eine ganze Reihe von Vermutungen, ohne sich die Mühe zu geben, dieselben näher zu prüfen, wiewohl einige von ihnen auf Grund gut beobachteter Thatsachen ausgesprochen sind: Diese innere Luft (aër) kann *nicht* „eingeboren" (ingenitus) sein, da sie ja einen freien Ausgang hat, worauf die Alten nicht geachtet haben. Sie kann durch die Nerven auch nicht ausgeschieden sein, „nam nullus nervus in aure terminatur". (Ein Schritt rückwärts. D. Verf.)

Es verbleibt nur noch daraus zu schliefsen, dafs der aër implantatus von der äufseren Luft herstammt. Die äufsere Luft ist aber nicht rein: aër est nebulosus, pulverulentus, fumosus! Er mufs demnach, um die Rolle des aër implantatus gehörig auszufüllen, sich erst einer Reinigung, einer Raffinierung unterwerfen und dieselbe geschieht im zweiten Hohlraum (der Paukenhöhle).

Jede Verstopfung der Eustachischen Tube hat eine Einstellung der Ausscheidung aëris implantati et excrementi a capite ad aurem defluentis zur Folge; in diesem Falle erkrankt das Ohr; es entsteht: tinnitus, susurrus, auditus depravatio et amissio.

Wenn das Trommelfell beschädigt und die Tube durchgängig ist, so kann man den Schall mit dem *Munde* wahrnehmen.

So hat denn Coiter die phantasiereichen Lehren des Aristoteles auch auf feinere Einzelnheiten übertragen.

Hierdurch waren ja die Funktionen des Ohres aufserordentlich einfach erklärt, während die Anatomie zur Wahrung dieser Erklärungen ganz wie geschaffen schien. Alle glaubten an dieselben und es fiel auch nicht einem ein, einen Zweifel zu erheben, da Coiter seinen Gedanken die Autorität des unfehlbaren Aristoteles unterschob; die Autorität des Galen war schon durch Vesal und andere ganz bedeutend erschüttert worden. Jeder Widerspruch auf dem Gebiete der Wissenschaften wie der Dogmen rief damals infolge der durch denselben herbeigeführten Neuheit und Frische der Ansichten eine gewisse Störung in der Trägheit des Denkens und somit auch eine unangenehme Empfindung hervor, welche durch die viel angenehmere unblutige Sühne — ut quam clementissime et citra sanguinis effusionem puniretur — des Feuertodes gerächt wurde. Giordano Bruno ist hierdurch nicht abgeschreckt worden! Er hat mit seiner Weltanschauung, welche die Nichtigkeit der alten Scholastik wie unter dem Seziermesser klar darlegte, der viele Jahrhunderte alten Herrschaft des Aristoteles einen tödtlichen Stofs versetzt, wofür er freilich auf dem Scheiterhaufen den Märtyrertod erleiden mufste. Sein Protest ist aber auch für die medizinische Wissenschaft nicht ohne Folgen geblieben — Stimmen wurden gegen die in den aristotelischen Schriften niedergelegten Ansichten laut, unter anderem auch gegen den aër implantatus. Aber

die zu jener Zeit geleisteten anatomischen Fortschritte waren verhältnismäfsig zu unbedeutend, um auf die neueren Anschauungen einen günstigen Einfluſs ausüben zu können. Wiederum fand eine durch Jahrhunderte währende langsame und mühevolle Arbeit statt, das Sammeln genau beobachteter Thatsachen. Man fing an, sich mit der vergleichenden Anatomie und mit der Entwickelung des Ohres zu befassen. Jeder neue Forscher suchte gewöhnlich nach der Entdeckung irgend einer neuen anatomischen Einzelheit derselben schleunigst eine rätselhafte Eigenschaft, sowie ihr phantastische Funktionen zuzuschreiben, hierbei die ganze Summe anderer Umstände[21]) aufser Acht lassend.

So sieht Varoli (1591)[22]) das Cerebellum und nicht das Cerebrum für den Ort der Gehörwahrnehmung an, weil das erstere als festerer Körper ein besserer Schallleiter sei; da ferner hier beide Gehörnerven zusammenkämen, so erhielte man nicht zwei, sondern nur einen Schalleindruck.

Die Steigbügelöffnung vergleicht er mit der Pupille (p. 28; ego pupillam auditus libentius appellarem); durch sie fliegen die „Schallbilder“ (simulacra soni sine materia) hindurch. Varoli hat zuerst den Muskel entdeckt, welcher am Steigbügelambofsgelenk inseriert und die Gehörknöchelchen trommelfellwärts zieht, wodurch die membrana tympani entspannt wird.

Laurentius (1595)[23]) stellt sich die Bewegung des Trommelfells nach Art eines „fluxus et refluxus“ vor; der fluxus wird bedingt durch

---

[21]) Aranzi (1587) erwähnt einen knöchernen Wulst, welcher auf dem langen Ambofsfortsatze sitzt Morgagnus. Epist. Anatom. VI. p. 122, 8. l. c. Bauhinus p. 830. Aranzi suchte die Bedeutung des musc. interni zu erklären „*experimento*, hoc pacto: si quis musculum hunc (in capito recenti et particulis probe administratis) specillo acuminato ad suam originem traxerit, duplicem usum deprehendet, alterum quod malleoli capitulum ab incudis contractu recedet et atolletur; alterum qui consequitur, quod membranula ad externam regionem impelletur“.

A. Picolhuomini. Anatomicae praelectiones. Romae. 1581. in-fol. l. c. Itard. Der N. acusticus nimmt seinen Anfang in der IV. Gehirnkammer.

[22]) C. Varoli (1543—1575) Anatomia. Francofurti in-8°. Index. 1591. (1 edit. 1573) p. 28. „ita etiam intra organum auditus quidam *minimus musculus* (er wies zuerst auf den mus. stapedius hin) alias a me perperam rejectus, locatur, qui ab anteriori sede natus in articulationem triangli cum incude inseritur; quo musculo sane contracto triangulus, seu (ut dicunt) stapeda, cedente interim articulo incudis cum malleo, ad anteriora aliquantisper trahitur et ad centrum tympani magis e directo appropinquatur; tuncque optimus cum animadversione et judicio sit auditus“.

[23]) Andreas Laurentius (1550—1609). Opera anatomica, Francofurti. 8°. Index.

p. 652. Die Innenluft „non differt (von der Aufsenluft), nisi puritate et qualitate, ab aere externo generatur, non per coctionem et elaborationem, ut spiritus, nec per aliquam animae actionem, sed per novi aeris continuum *appulsum*, qui partim per aurium foramen semper patens et anfractuosum, ad cochleam fertur, partim inspiratione per canaliculum quendam velut aquaeductum, eo trajicitur“.

das Eindringen der Luft, der reflexus dagegen durch eine Muskelkontraktion (p. 648). Der Schall erreicht den Gehörnerven auf zweierlei Weise: 1. mittels der Gehörknöchelchen durch die fenestra ovalis, 2. mittels der Luft der mittleren Höhle durch die fenestra rotunda. (Seiner Ansicht folgen: VALSALVA, BORHAAVE, MANGET, LE CAT, COTUGNO, GEOFFROY, SCARPA, POHL, ITARD, PROCHASKA, RUDOLPHI, FLOURENS, JOH. MÜLLER, TOURTUAL, TEULE u. a., indem sie sich auf die Beobachtung stützen, dafs nach Entfernung der Gehörknöchelchen eine Herabsetzung des Hörvermögens stattfindet.)

HIERONYMUS FABRICIUS AB AQUAPENDENTE (1600)[24]) schreibt den inneren Ohrmuskeln die Eigenschaft zu, sich *willkürlich* kontrahieren zu können. Jede Kontraktion wird von einem Knistern begleitet.*) Als Ort des Gehörs mufs man die mittlere aufserordentlich umfangreiche Höhle ansehen; in ihr einzig und allein sammeln sich alle Töne. Alle benachbarten Höhlen und Kanäle sind nicht zur *Verstärkung*, wie man es annahm, sondern zur *Abschwächung* eines *starken Schalls* und zur *Vernichtung des Echos* notwendig. Töne verschiedener Stärke, welche in Hohlräume von verschiedenen Dimensionen hineingeraten, werden ganz bedeutend abgeschwächt. Der Gehörnerv breitet sich in der mittleren Höhle aus um die Gehörknöchelchen herum, an welchem Ort der spiritus animalis (Galen) aus ihm herausfliefst, und, mit dem aër implantatus sich

---

[24]) FABRICIUS 1534—1619). De visione, voce, auditu. Venetiis. in-fol.

p. 31. motusque hic sensibilis et cum strepitu eficitur, et cuma musculis fiat, voluntarius similiter est, non est mirandum si intus in auribus hujusmodi motum effeci persentiamus: quem etiam facere cum volumus, et non facere cum nolumus".

p. 34. „itaque major sonus longiores, minor breviores cavernulas exposcit, quo sonus in iis veluti contabescat echoque impediatur... si in prima cavernula sonus non quiescat, secunda, tertia, et aliae consequentes e vistigio paratae sint ad ipsum excipiendum motumque compascendum ut tandem quiescens reflexio et echo omnino prohibeatur etc".

„Nervus auditorius—perpetuoque latens anterius procedit donec ad magnam primamque cavitatem, ubi sunt ossicula, perveniat ibique cesset. Ex quo conjicio in prima cavitate concha (i. e. cavum tympani) appellata celebrari primo ac potisimum auditum: aliae vero cavitates uti supra dicebamus, factae potius sunt ad prohibendam echo hoc est ad eandem primam cavitatem ipsius soni reflexionem..." .... „spiritus animalis a nervo exiens aeri complantato comiscatur et ita dignotio et sensus ipsius sensibilis consequatur".

*) In der Folge behielten die einen die Ansicht des Fabricius bei, wie: MEYER, JACOB, DÖMBING u. a. Andere meinten, dafs diese Muskeln dem Willen nicht unterworfen wären, wie: DU-VERNEY, HEUERMANN, HALLER, MARHERR, RUDOLPHI, FISHER u. a. Andere wiederum gaben die Möglichkeit einer willkürlichen Kontraktion dieser Muskeln bei *manchen* Menschen zu, wie: TREVIRANUS, MUNCKE, TIEDEMANN, ARNOLD u. a.

FABRICIUS wies darauf hin, dass beim Embryo und dem Neugeborenen in den ersten Tagen das Ohr mit einer gallerigen Masse angefüllt ist. Er zeichnete das Annulum tympani, den stapes in der fenestra ovalis und die Gehörknöchelchen im Zusammenhange.

Fig. 2.

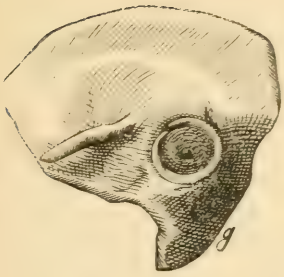


Fig. 3.

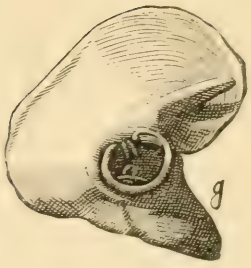


Fig. 4.

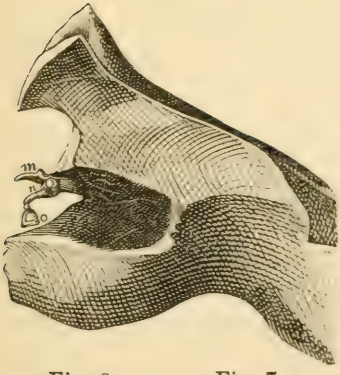


Fig. 5

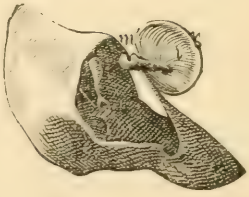


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

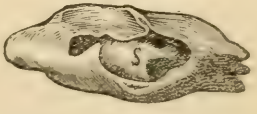


Fig. 2. *g* Os oblongum pyramidalem figuram exhibens.
i Membrana Tympanum dicta.
k Annulus osseus.

„ 3. Verständlich ohne Erklärung.

„ 4. *m* Malleus. *n* Incus. *o* Stapes.

„ 5. *i* Tympanum. *m* Malleus. *n* Incus.

„ 6. 7. 9. 10. 11. { *k* Annulus osseus. *m* Malleus. *n* Incus. *o* Stapes

„ 8. *l* Concha, cavitas, *o* Stapes.

„ 12. *s* Protuberantia in media cavitate.

mischend, dem Ohr die Eigenschaft verleiht, den Schall wahrzunehmen: „sic enim simile per simile in affectionum commutationem societatemque perveniet.“ Da die Gehörknöchelchen durch weiche Gebilde — Knorpel — getrennt wären, so seien sie als Schallleiter ungeeignet. Hieraus ersieht man, dafs Fabricius ganz bedeutend hinter seinen Vorgängern zurückblieb. Dies hatte seinen Grund darin, dafs er den Forschungen von Fallopius und Eustachius keine Aufmerksamkeit geschenkt hatte. Im übrigen folgt Fabricius Coiter's Anschauungen, nur mit dem Unterschiede, dafs er den aër implantatus durch die Körperwärme sich absorbieren läfst.

Casserio (1600)[25]) anfangs Diener des Fabricius, später dessen Schüler, trug durch seine vergleichend-anatomischen Forschungen der Sinnesorgane, sowie durch eine Menge für damalige Zeiten ausgezeichnet ausgeführter Zeichnungen nicht wenig zur Aufklärung der Struktur

---

[25]) CASSERIUS (1545—1605). Voci auditusque organorum historia anatomica Ferrare. 1600. Seine Werke sind illustriert. Hat zum ersten Male das einzige Gehörknöchelchen der Vögel beschrieben und ihm den Namen Columella gegeben.

Er widerlegte die Ansicht, dass die Membrana tympani eine Fortsetzung der Duramater wäre.

p. 43. „Parro esti sensui, derivatio hujus membranae non pateret, minime tamen, a pia, aut a dura matre, aut a nervo quintae conjugationis dilatato propagatam esse natura atque Anatomica demonstratio, satis attestatur“. Er beschrieb den Stapesmuskel genauer als Varoli:

p. 80. „Minor a tenui et longiusculo, quasi ligamentali fllo ortus, in tendinem subbrevem et tenuissimum, quo stapedis capitulo alligatur, terminat“. (1593, mense Martio, die septimo).

Das For. ovale ist durch eine Membran geschlossen, auf welcher sich die Stapesplatte befindet. „attamen membrana, cui, stapedis basis apposita est, clausum existit“.

Casserius dachte anfangs, dass die fenestra rotunda offen wäre, später aber bestätigte er in seiner Schrift von den fünf Sinnen: (Pentaestheseion, Francof. 1610. fol. Lib. IV p. 148) die Entdeckung Vidi Vidii ihrer Membran und beschrieb dieselbe mit grosser Genauigkeit. Morg., Epist. anatom. VIII. p. 174. 1.

Er wies auf eine Incisur im knorpligen Teile des äusseren Gehörgangs hin, und zeichnete die Ohrmuschel mit ihren Muscheln, die Gehörknöchelchen und das Trommelfell von einer Anzahl verschiedener Tiere. Er stellte zum *ersten* Male das knöcherne Labyrinth mit den Bogengängen und der Schnecke dar, nachdem er dieselben von der porösen Knochensubstanz befreit hatte. Ferner stellte er zum *ersten* Male die Schneckenwindungen im Durchschnitt mit der lamina spiralis dar. Die Zeichnung der Gehörknöchelchen im Cavum tympani ist sehr übersichtlich, ebenso des tuberculum (i. e. promontorium) cochleae seu antri cochleati. Casserio machte ferner eine sehr wichtige Entdeckung, der er jedoch in der vorgefassten Meinung eines aër implantatus keine Bedeutung beilegte; er bemerkte nämlich, dass die häutigen Bogengänge und Säckchen beim Hecht mit Flüssigkeit angefüllt sind. T. XII. Fig. 1V. Expositio: „hic quoque mirabilis quorundam vinculorum *aquam* continentium, capreolorum ritu constructorum plexus nec non circumvolutiones contueris; hic nonnulla corpora *aqua plena* figuram aut fructus olivae, aut ziziphi eleganter exprimentia vides etc.“ Fig. 16 S. 26.

Fig. III „vesiculae aqua plenae situs“.

„Vesicula est, ovalem formam prae se ferens, aqua plena, cui insunt duo corpuscula ossea, discontinua, divisa ac ab omni viculo libera“. (Otolithen.)

des Ohres bei. Für die Erkenntnis der Funktionen des Labyrinths hat er nichts neues aufgebracht. In Betreff der Muskeln sagt er folgendes: Der Musc. tens. tympani zieht das Trommelfell nach innen, während der M. stapedius diese Bewegung einschränkt. Die Gehörknöchelchen nehmen durch ihre Elastizität ihre gewöhnliche Stellung ein. Die Luftschwingungen werden dem Nerven direkt übertragen.

CASSERIUS war der erste, welcher das Gehörorgan in vergleichend-anatomischer Ordnung dargestellt hat und mit zahlreichen (140) Abbildungen zu versinnbildlichen strebte.

Auf dieselbe Weise verfuhr er auch bei der Beschreibung des Halses, des Larynx und des Foetus.

Fig. 13.

Fig. 13. 14 stellt das Labyrinth eines Kindes (infantuli) dar.
Fig. 13. A Fenestra ovalis labyrinthi.
B Fenestra rotunda cochleae.
CCC Tres semicirculi ossei a spongioso osse in puerulo liberati.
D Cochleae facies exterior, seu crusta itidem separata.

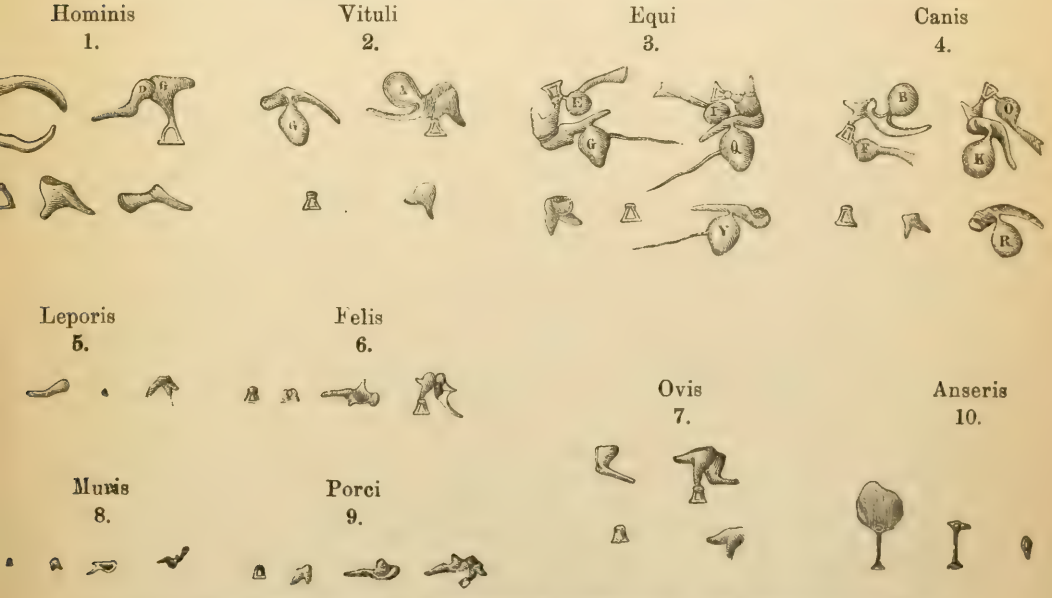
Fig. 14.

Fig. 14. A Labyrinthi fenestra effracta.
BBB Ductus trium semicirculorum, qui labyrinthum cum concavitate constituunt.
C Cochlea.

Ein ausgeschältes Labyrinth zum ersten Male dargestellt.

Fig. 15.

Gehörknöchelchen in vergleichend-anatomischer Ordnung. Nach CASSERIUS.



2. G, A — Mus. tens. tympani. 3. G, Q, I — M. tens. tym. E, I — musc. stapedis, 4. B, K, R — Mus. tens. tymp. F, O — Mus. stapedis.

Bauhinus (1605) [26]) war der *erste*, welcher auf eine etwas exactere, obwohl naïve Weise die einzelnen Teile des Labyrinths zu bestimmen versuchte. Wahrscheinlich von der Beobachtung ausgehend, dass die tiefen Töne durch gröfsere Musikinstrumente hervorgebracht werden, meinte er, dass die tiefen Töne durch die grossen, die hohen durch die kleinen Öffnungen gingen. Dementsprechend wird auch das Echo des hereinfallenden Schalles infolge der verschiedenen Gröfse der leeren Räume aufgehoben.

Fig. 16.

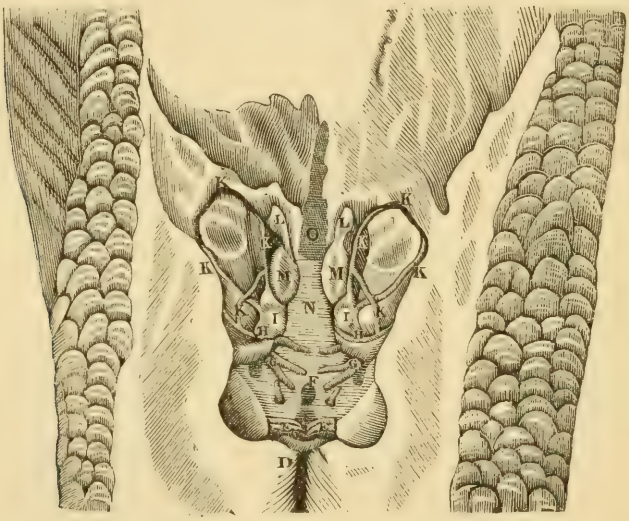


Fig. 16. (Bogengänge des Hechts).

G G Dissecti quidam nervi.

H H Plexus sive rete mirabile auditus incipit apparere.

I I Qui in latum quoddam corpus comoriuntur ac desinunt, in quo exile admodum ossiculum sensum pene intus eflugiens continetur.

K K K K A quo corpore ramus quidam sive filum instar ligamenti aqua pleni se habens, natum, corpora quaedam cartilaginea cirumit.

L L Vincula, quibus sustinentur corpora ovi sine myrti folii figuram exprimentia, aquam continentia, literis M M notae.

N N Basis cranii palatum formans et cerebrum conservans.

O O Ductus seu cavitas spinalem medulam continens.

Wenn man die Blase ansticht, so humor aequeus, qui ex vesicula aperta effluxit.

[26]) Bauhinus (1550—1624). Theatrum anatomicum. Francofurti a. Moenum. 1605. Die Beschreibung der einzelnen Teile des Ohres zeichnet sich durch ihre Genauigkeit aus.

p. 846. „Quod vero cavitates haec foramina habeant, variae magnitudinis, longitudinis et figurae, id propter sonorum differentiam factum: gravis enim sonus et aer coposiosus amplum foramen, contra acutus, angustius requirit: longitudo vero, soni reflexionem et echo prohibet: quare sonus major, longiores, minor breviores cavernulas postulat, quo sonus in iis veluti contabescat et echo impediatur; figurae varietas, vel ad soni et aeris naturalem delationem facit, quae per circulationes et gyros, ut plurimum sit: vel ut in iis sonus quiescat, qui citius quiescit, si circumgyretur, quam si recta feratur.“

Der Schall wird ferner durch den aër ingenitus, welcher fortwährend durch die innere Wärme resorbiert wird (Fabricius) wahrgenommen (p. 804).

Riolanus [27]) that noch einen weiteren Schritt in der Differenzierung der Gehörfunktionen: er faſste die *Schnecke* als den Ort des Hörens auf. Die Schallvorstellung, welche durch das Trommelfell der inneren Luft übergeben ist, erreicht mit Hilfe der Gehörknöchelchen das Labyrinth. Hier läuft der Schall durch die gewundenen Kanäle und gelangt, nachdem er eine gröfsere Reinheit und Stärke erlangt hat, in die Schnecke, in welcher er durch den Nerven mit Hilfe des spiritus animalis wahrgenommen wird.

Molinetti (1669) [28]) fügte derartigen Mutmaſsungen auch noch seine eigenen hinzu, während seine Leistungen auf dem anatomischen Gebiete des Ohres, sowie diejenigen jener Zeitperiode überhaupt nur unbedeutend sind. [29]) Molinetti vergleicht die Teile des Ohres mit denen des Auges,

---

[27]) Io Riolanus (1577—1657). Opera anatomica. Editio Lutetiae Parisiorum 1649.

Anthropographia. Lib. IV. Cap. V. p. 281.

p. 283. „... imago soni trans membranam imprimitur interno aëri et ab ossiculis tanquam graphiis in eodem consignatur, qui recepta soni qualitate, per ambages labyrinthi revolutus, ut majorem puritatem ac resonantiam acquirat, *in cochleam* traducitur. Ubi tandem nervo traditur, vectoreque animali spiritu ad communem sensum omnium formarum et specierum aequissimum judicem perducitur."

[28]) A. Molinetti. Dissertationes anatomicae et pathologicae de sensu et eorum organis. Patav. 1669. Cap. VIII. p. 39. l. c. Lincke (1837) Bd. I. p. 269.

[29]) Spigelius. De humani corporis fabrica. Libri X. Tabulae XCIIX aeris incisi. Opus postumum. Venetiis. in-fol. 1627. Er wies auf die Selbständigkeit des n. acusticus (portio mollior) und des n. facialis (portio durior) hin.

Ioan. Veslingius (1641). Syntagma anatomicum. Francforti. Editio 1647 mit Abbildungen. p. 251. Er beschreibt den langen Hammerfortsatz, dessen Entdeckung Folius zugeschrieben wurde: „circa medium processibus ornatur duobus: brevi uno, cui se Musculus internus jungit: altero longiore, sed magis tenui, qui tympani orbitae incumbit. Reliquum ossiculi, sive id pediolo sive caudae compares" ist mit dem Trommelfell verbunden. Eine, wenn auch schlechte Zeichnung des meat. audit. internus.

Caecilius Folius (1645). Nova auris interna delineatio. Venetiis die 10 Maii. In Disputation. anatomic. Halleri. Vol IV. p. 365. 1749.

Eine Reihe schöner Zeichnungen. Zeichnung des langen Hammerfortsatzes, welcher später den Namen Processus longus Folii erhielt.

Caecilius Folius hat die für sein Zeitalter schönsten, elégantesten Zeichnungen verschiedener Teile des Labyrinthes geliefert Dazu kein Text, nur die Erklärung.

Fig. 17. *a* Foramen rotundum fenestra rotunda appellatum.
b Pars ossis petrosi a reliquo cranio separata, Cochlea nuncupata.
c Foramen ovale stapedis locus fenestra dicitur.
d d d Circumvolutiones tres in cavitatem auditus desinentes, Labyrinthus dictae.
e Aquaeductus Fallopii per quem transit portio durior (i. e. N. facialis) nervi dicti auditorii.
f f Exigua duo foramina, per quae exeunt ramuli parvi venarum et arteriarum.

Fig. 17.

überhaupt die Sinnesorgane untereinander, und kommt zu dem Schlufs, dafs die spezielle Wirkung der Nerven durch deren Endapparat *nicht* bedingt wird. Könnte z. B. das Licht auf den Gehörnerven oder Geruchs-

---

Fig. 21. *a* Cavitas in qua inseruntur nervi auditorii.
b Girus Major Cochleae.
c Circulus osseus.
d d d Circumvolutiones osseae.
e Incus qua parte malleo jungitur.
f Caput mallei in situ proprio.
g Subtilior processus mallei a nemine antea observatus, cui alligatur musculus alter auris externus (jetzt Processus Folii).
h Musculus auris externus (irrtümlich).
i Minor processus mallei cui adnectitur musculus auris rotundus (r).
k Processus tenuior sed longior incudis cui stapes alligatur.
l Stapedis osseus quidam, globulus a Th. Bartholino in Anatomia Parentis descriptus.
m Stapedis figura et insertio.
n Os spongiosum.
o Os temporis.
p p p Squamosae suturae dicti ossis.
r Musculus rotundus seu internus.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

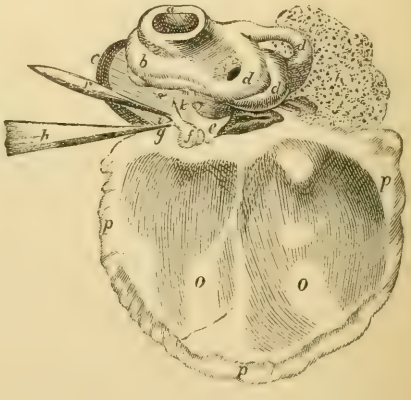


Fig. 18. *a* Caput mallei rotundum.
b Subtilior processus mallei, a nemine antea observatus.
c Minor processus mallei cui adnictur musculis auris rotundus.
d Extremitos mallei qua medio tympani adnectitur.
e Incus qua parte malleo jungitur.
f Processus tenuior sed longior incudis cui stapes alligatur.
g Stapedis, osseus globulus.
h Stapedis figura.

Fig. 19. *e* Cavernula in qua terminatur portio mollior nervi auditorii.

Fig. 20. *a a a* Membranam Tympanum vacatam ostendunt reliqua patent ex superiori.

nerven einfallen, so würden diese wohl im stande sein, die Empfindung des Lichtes wahrzunehmen. Hinsichtlich des Schalles folgt er der Ansicht des Riolanus.

Mit Molinetti ging die Periode nichtssagender Vermutungen über die Funktionen der einzelnen Ohrteile, die Zeit phantastischer Produkte so ziemlich zu Ende. Selbst die Grundlagen, auf denen man baute, waren nur Vermutungen gewesen. Darum ist es nicht zu verwundern, wenn die Anschauungen sich oft änderten. Anfangs sah man das *ganze* Ohr als den Ort des Hörens an, später wurde ein entdeckter Teil nach dem andern dafür gehalten: das Trommelfell, die Paukenhöhle, das Labyrinth und zuletzt die Schnecke. Wir werden in der weiteren Folge sehen, dafs man zugleich mit der präziseren anatomischen Kenntnis in der Differenzierung der Stelle des Hörens noch weiter ging: Man fing an, den einzelnen Labyrinthteilen oder der Schnecke die Rolle von percipierenden Apparaten zuzuschreiben. Obwohl hierbei ebenfalls nur Vermutungen ausgesprochen wurden, so sah man dieselben auch nur *als solche* an. Aufserdem versuchte man die Richtigkeit der Anschauungen durch vergleichend anatomische Studien, durch pathologische Fälle und zuletzt durch Experimente nachzuweisen, zu denen die klassischen Arbeiten Harvey's (1628) den ersten Anstofs gaben.

Willis (1674)[30]) war der *erste*, welcher auch auf das Ohr die ex-

---

Fig. 22. *a a a* Cochlea distecta.
b b Intermedium quoddam cochleam in duos giros dividens.
c Foramen rotundum in cavitatem auditus et in girum cochleae inferiorem desinens.
d Labyrinthi circumvolotiones appertae.
e e e e Venulae per cochleam et Labyrinthum disseminatae.
g Fenestra ovalis.
h Duo foramina tertiae circum volutionis Labyrinthi.
i Foramen rotundum in internam cavitatem auditus desinens.
m m m Tres circumvolutionum duarum aperturae, quae tria foramina, dum nondum sunt dissectae, demonstrant.

Fig. 22.

Dominicus de Marchettis (1652). Anatomia. in-16° Hardevici. Ed. 1656. p. 217. De auribus.

Entdeckte ein Ligament, welches den langen Ambosschenkel mit dem Steigbügel verbindet: tero (pede) vero ligamento membranosó, ossiculo alteri adhaeret, quod os stapes dicitur." p. 222.

Schon zu dieser Zeit entsteht eine methodische Art, das Ohr zu eröffnen, wie wir dies z. B. bei M. Lyser (1653) sehen in seinem „Culter anatomicus", haec est: methodus brevis, facilis ac perspicua artificiose et compendiose humano incedendi cadavero. Edit. 3. 1679. Francofurti. Lib. III. Cap. IX. p. 101. De aurium consectione.

[30]) Willis De anima brutorum, quae hominis vitalis ac sensitiva est, exercitationes duae: prior physiologica, altera pathologica. Oxonii (Oxford) 1672. De sensu auditus p. 189—202.

p. 197. Revera tympanum non audit, sed meliori tutiorique auditioni confert. Si haec pars destruatur, sensio adhuc aliquamdiu, rudi licet modo.

perimentelle Methode anwandte und hierdurch die Rolle des Trommelfells während des Hörprozesses zu bestimmen suchte. Er fand, dafs nach doppelseitiger Zerstörung des Trommelfells beim Hunde *keine Taubheit* eintrat. Hieraus zog Willis den Schlufs, dafs das Trommelfell nur für das feinere Gehör unbedingt notwendig wäre. Es trage dazu bei, die „particulae sonorificae“ dem Labyrinth zu übertragen, in welchem eine „species audibilis“ erweckt wird. Dieselbe wird während ihres Laufes durch die halbzirkelförmigen Kanäle verstärkt, indem sie von ihren Wandungen reflektiert wird, gleich der Stimme, welche von dem Gewölbe eines Gebäudes zurückgeworfen wird. Von hier nun: „evadit species audibilis clarior et sensibilior“ und stürzt über die Windungen der Schnecke bis zu deren Kuppe, wo die Empfindung durch die dort endigenden Nerven stattfindet. Um nun zu beweisen, dafs die Schneckenspitze das eigentliche empfindende Organ ist, führt Willis das Doppelhören an, welches er dahin erklärt haben will, dafs der Schall auf der einen normalen Seite das Schneckenende schneller erreicht als auf der anderen, auf welcher er durch die vorhandenen pathologischen Hindernisse aufgehalten wird. Im übrigen bleibt er bei der Anschauung seiner Vorgänger.

Kurze Zeit nach Willis sah Claude Perrault (1680)[31], ein ebenso

---

peragi possit: quippe experimento olim in cane facto constabat, quod perforato utriusque auris tympano, auditio adhuc ad tempus perstaret, quaetamen post tres circiter menses penitus cessabat, scilicet postquam sensorii ad externas injurias patescentis erasis everteretur.

Er beschrieb jene pathologische Erscheinung, die jetzt den Namen Paracusis Willisii führt.

p. 198. Surditas quandaque a tympani relaxatione procedit. Accepi olim a viro fide digno, se mulierem novisse, quae licet surda fuerat, quousque tamen intra conclave tympanum pulsaretur, verba quaevis clare audiebat; quare Maritus ejus tympanistam pro servo domestico conducebat, ut illius ope, colloquia interdum cum uxore sua haberet. Etiam de alio Surdastro mihi narratum est, qui prope campanile degens, quoties una plures campanae resonarent, vocem quamvis facile audire, et non alias potuit“. Erklärung: durch das Geräusch wurde das erschlaffte Trommelfell gespannter.

p. 201. Der Nerv an der Schneckenkuppe „in tenuia filamenta desinens, unde sequitur quod circa finem utriusque cochleae proprium auditus sensorium collocari debeat“.

[31]) Perrault. Essais de Physique ou Recueil de plusieurs traités touchant les choses naturelles. T. H. Du Bruit, Troisième partie. Paris. 1680. pp. 246—293.

p. 265. „Si donc je me hasarde ici de dire mes pensées sur ce sujet, c'est dans l'éspérance qu'on ne les considèrera point comme des opinions que je prétende soutenir, mais seulement comme des problèmes qui peuvent avoir assez *de probabilité* pour meriter d'être examinés“.

p. 259. „La portion molle du nerf de la septième paire, qui va à la partie du labyrinthe appelée le limaçon, passe au dedans du noyau, qui est au milieu du conduit qui tourne tout à l'entour en ligne spirale, en jetant en rond, comme d'un centre à une circonfèrence, des fibres dans ce conduit, au travers des porosités de l'os dont le noyau est fait: il y a sujet de croire que les fibres reçoivent quelque chose de la substance osseuse qu'elles pénètrent, en sorte que cette substance osseuse

geschickter Arzt als Mechaniker und ausgezeichneter Architekt, einen anderen Teil der Schnecke, und zwar das knöcherne spirale Plättchen als das percipierende Organ an; die übrigen Teile dienen nach seiner Meinung dazu, alle Modifikationen des Schalles zur Schnecke zu führen.

Der empfindende Apparat des Ohres besteht, wie auch bei den anderen Sinnesorganen, aus Nervenfasern und einigen anderen Bestandteilen, welche denselben angefügt sind. Der Nerv, welcher durch eine Höhle des Schneckenkerns verläuft, entsendet durch feinste Öffnungen Fäserchen. Zu diesen Fäserchen mischt sich noch Knochensubstanz hinzu, welche Zusammenstellung eine eigentümliche spirale Membran ergibt, von welcher Perrault annimmt, dafs sie den Ort des Hörens darstelle. Dies Knochenplättchen, welches mit der einen Seite mit dem Schneckenkern fest zusammengewachsen ist, kann mit Leichtigkeit mit seinem freien Rande schwingen. Um nun den Eindruck des Hörens zu empfangen, ist eine Verbindung mit dem Gehirn durchaus notwendig, dessen Verletzung den sofortigen Verlust der Funktion nach sich zieht. Aufserdem mufs aber auch der die Empfindung leitende Nerv intakt sein. Letzteres wird dadurch bewiesen, dafs nach Abbinden eines Nerven die Empfindung infolge des aufgehobenen Einflusses von seiten des Gehirns aufgehoben wird.

Der M. tympani kontrahiert sich bei schwachen oder tiefen Tönen stärker als bei starken und hohen. Die Eustachische Tube dient zur Erwärmung der in die Paukenhöhle strömenden Luft. — Bei den Vögeln vertritt „un cul de sac“ die Stelle der Schnecke. Womit die Fische hören, darüber schweigt Perrault, obwohl er bemerkt, dafs bei ihnen das innere Ohr aus dem Labyrinth und den halbzirkelförmigen Kanälen besteht.

---

se mêlant avec la substance nerveuse de fibre du nerf, il s'en compose une espèce de membrane, que j'appelle la membrane spirale, et que j'estime être *l'organe immédiat de l'ouïe*“.

p. 260. Pour ce qui est de la situation de cette membrane ossense, j'ai déjà remarqué qu'elle n'est point attachée ni couchée sur le conduit, mais qu'elle tient seulement au noyau, duquel elle naît, et autour duquel elle se soutient comme une fraise ou comme une rotonde, qui n'appuye point sur les épaules, et qui est seulement attachée au col. Et en effet cette situation semble fort favorable à la disposition que cet organe doit avoir, qui est d'être facilement ébranlé par les émotions de l'air qui causent le bruit“. Perrault arbeitete auf vergleichend-anatomischem Gebiete des Ohrs. Seine Nomenclatur: le vestibule mit dem Labyrinth: „les trois autres sont courbés en demi cercle, dont j'appelle l'un horizontal, l'autre le vertical conjoint et l'autre le vertical séparé“. Den inneren Teil der Schnecke nennt er: „noyau“.

Die Eustachische Tube (l'aqueduc) hat keine Schutzmembran, wie dies von manchen angenommen würde.

Die erste Messung der Gehörknöchelchen marteau = 3 lignes, enclume = $1^1/_2$ lig. l'étrier = 1 lig.

Perrault zeichnete zum ersten Male die Chorda tympani u. die Tuba Eustachii. Im übrigen teilt P. die Irrtümer seiner Vorgänger.

Zu dieser Zeit, d. h. gegen das Ende des XVII. Jahrhunderts, fing man etwas eifriger an, die Gesetze der Akustik festzustellen, welche man dann auch auf das Ohr zu übertragen versuchte. Einer ganz besonderen Berühmtheit erfreute sich die Schrift des Arztes, Mathematikers und Jesuiten Athanasius. In der „Phonurgie“ Kirchers [32]), in welcher der Gang der „Schallstrahlen“ sowie ihre Reflexion dargelegt und musikalische Instrumente der damaligen Zeit, sowie schallverstärkende Röhren der verschiedensten Form mit ihrer Anwendung beschrieben sind, findet man Erwähnungen vom „Mittönen“, welches darin bestünde, dafs irgend ein mit einem Instrument hervorgebrachter Ton diejenigen Saiten eines anderen Instrumentes zum Tönen brächte, welche auf eben diesen Ton abgestimmt wären. Ein diesbezügliches Experiment wurde nach Kircher von dem berühmten Musiker Tadini vorgenommen. Derselbe brachte dadurch, dafs er auf einem Archiclavicymbalum (einem Prototyp des Klaviers) spielte, drei vollkommen gleichgestimmte Clavicymbeln zum Tönen. Diese Clavicymbeln tönten auch dann mit, wenn auf anderen gleichgestimmten Instrumenten gespielt wurde.

du Verney [33]) (1683) benutzte das soeben erwähnte Experiment

---

[32]) Kircher. Phonurgia nova sive Conjugium Mechanico physicum Artis et Naturae. fol.

p. 167. „De Merifica phonurgia id est, de celebri et pene prodigiosa Machina Organica Michaëlus Tadini de Sabaudia, Musici Romani clarissimi in omnibus tribus per intervalla certatim sine ullomanus vestigio, nullo abditorum filorum ope, nulla per vicinum murum, aut pavimentum artificioso chordarum ductu moveri et alternatim subsultare videantur; Symphonia vero quam exhibent, mirum in modum concinna est.“ Beschreibung und Abbildungen von Höfen und Türmen zum Belauschen von Gefangenen.

[33]) Du-Verney. Traité de l'organe de l'ouïe, contenant la structure, les, usages et les maladies de toutes les parties de l'oreille. a Leide 1731 edit. 2.

p. 79. „Enfin cette lame n'est pas seulement capable de reçevoir les tremblements de l'air, mais sa structure doit faire penser qu'elle peut répondre à tous leurs caractères différens; car étant plus large au commencement de sa première révolution qu'à l'extremité de la dernière, où elle finit comme en pointe et ses autres parties diminuant proportionellement de largeur, on peut dire que les parties les plus larges pouvant être ébranlées sans que les autres le soient, ne sont capables que de frémissements plus lents qui répondent par conséquent aux tons graves; et qu'au contraire, ses parties les plus étroites étant frappées, leurs frémissements sont plus vites et répondent par conséquent aux tons aigus etc.“

p. 81, 85. „Premièrement tous les oiseaux n'ont que trois conduits courbés en demi-cercle et un quatrième qui est droit et fermé par l'un de ses bouts... ces trois canaux se trouvent aussi dans les poissons; il n'y a point de limaçon dans les uns ni dans les autres, cependant tous entendent, il est donc constant que ces canaux demicirculaires sont l'organe immédiat de l'ouïe dans les oiseaux et dans les poissons. Pourquoi donc n'aurout ils pas le même usage dans l'homme puisque leur structure est semblable et dans l'homme et dans ces animaux?“ Ibid. p. 76, 77.

Hinsichtlich der Funktion der Mem. tympani hält er sich an die Ansicht Perraults.

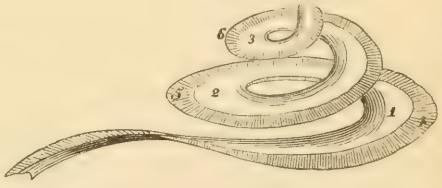
als Grundlage zu seiner Erklärung der Schallerscheinungen in der Schnecke,

---

Du Verney war der erste, welcher den Semicanalis tensoris tympani, das orificium pharyngeum Tub. Eust., die Arterien und die Gefäfse des äufseren Ohres, des Trommelfells, der Paukenhöhle, der Gehörknöchelchen und des Labyrinths gezeichnet hat. Er beschrieb in detaillierter Weise den äufseren Ohrknorpel mit den Incisuren und den Ceruminaldrüsen, die Gehörknöchelchen mit den Gelenkflächen und Ligamenten und ihre gegenseitige Verbindung und Lage zu einander und zu den Nachbarteilen (chorda tympüni etc.).

Die *erste* Darstellung der lamina spiralis membranacea mit der lamina spiralis ossea, des „noyau", mit seinen Öffnungen und der Bogengänge mit den Ampullen, deren Gestalt er beschrieb (s'élargit vers leurs extrémités comme le pavillon d'une trompette p. 28) stammen von ihm. Ferner die erste Darstellnng des Anfangs des VII Paars ex protuberantia cerebri und die Verteilung seiner Fasern; Zeichnung des Verlaufs der chorda tympani, ihres Ausgangs durch die fissura Glaseri und ihre Vereinigung mit dem III. Zweig des n. V.

Fig. 23.



„Fig. 23 représente la lame spirale en l'air, plusieurs fois grande comme nature avec la membrane qui l'attache à la surface du canal. 1, 2, 3 la lame spirale. 4, 5, 6 la membrane qui lui est attachée, et qui en parait distinguée par la ligne qui est entre deux."

2) Fig. 24. (Noyau) Der „Kern" mit seinen Öffnungen.

Fig. 24.

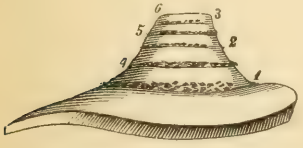


Fig. 25.

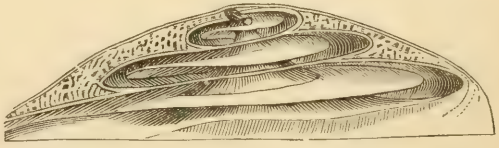
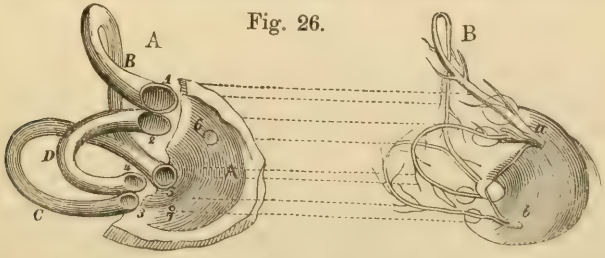


Fig. 24. „Représente le noyau plusieurs fois grand comme nature, sur le quel ou peut remarquer les traces des pas de la lame spirale et du canal spiral. 1, 2, 3 les traces des pas de la lame spirale, qui sont percées de plusieurs petits trou, qui donnent passage aux filets du nerf auditif. 4, 5, 6 les traces des bords du canal spiral".

Fig. 25. „Représente le limaçon vû debout, et dont on a enlevé une moitié par une coupe perpendiculaire".

3) Fig. 26. Die halbzirkelförmigen Kanäle mit ihren „Erweiterungen" etc.:

Fig. 26.



„Fig. 26 A représente une portion du vestibule et les trois canaux demy circulaires en l'air, pour faire voir leur situation naturelle et leurs embouchûres. *A* la portion inférieure du vestibule. *B* le canal supérieur. *C* l'inférieur. *D* le mitoyen.

wobei er die halbzirkelförmigen Kanäle mit Blasinstrumenten vergleicht. Dieser bemerkenswerte Gelehrte bildete die Ansicht Perraults über die knöcherne Lamelle weiter aus. Die lamina spiralis ossea, welche nirgends eine gleiche Breite aufweist, vibriert, wenn die Labyrinthluft erschüttert wird, an jeder Stelle anders. — Da die lamina spiralis, sagt er, in der ersten Schneckenwindung viel breiter ist, als in den folgenden, wo sie nach Art einer Schneide mit einer verhältnismäfsigen Abnahme ihrer Breite und Dicke endigt, so kann man behaupten, dafs die breitesten Teile dieses Plättchens, wenn sie in Vibration geraten, nur die geringe Zahl von Erschütterungen der tiefen Töne wahrzunehmen im stande sind, während die engen Teile bei hohen Tönen schwingen (du Verneys Ansicht vertraten Valsalva, Boerhave, Haller, Sennere 1724, Marterr, Geoffroy 1778, besonders aber Le-Cat und viele andere; gegen dieselbe sprachen sich aus: Cramer, Esteve, Lincke und noch einige andere).

Die halbkreisförmigen Gänge empfänden ebenfalls die verschiedenen Töne ganz gut. Man kann jeden von diesen Kanälen zwei einfachen Blashörnern vergleichen, welche mit ihren Mundstücken zusammengefügt, mit ihren Öffnungen dem Vorhofe zugekehrt sind. In den Ampullen wird die Luft nur bei tiefen, in den engeren Teilen hingegen bei hohen Tönen erschüttert. Die hierbei entstehenden Erschütterungen werden jenem Teil des Gehörnerven übermittelt, welcher in Fädchen zerfällt, die diese Kanäle ausfüllen. Demnach ist die Funktion der halbkreisförmigen Kanäle identisch mit derjenigen der Schnecke, die man jedenfalls entbehren kann, wie dies auch die vergleichende Anatomie beweist. Schon damals lenkte du Verney die Aufmerksamkeit darauf, dafs die Schnecke *nicht das die hauptsächlichste Rolle spielende* Organ bei der Schallperzeption sei, da wir ja konstatieren können, dafs sie bei den Fischen vollkommen fehlt, während wir sie bei den Vögeln als blind endenden Kanal antreffen; daher müssen diese Tiere mit den halbkreisförmigen Kanälen hören. Letzteres läfst sich auch auf den Menschen übertragen.

Der Membrana basilaris legt er keine besondere Bedeutung bei.

Du Verney liefs auch die Frage unentschieden, warum die Natur wohl zwei vollständig gleich funktionierende Teile im Labyrinth eingerichtet haben sollte.

---

1 la porte du canal demy circulaire supérieur. 2 première porte du canal mitoyen. 3 la porte du canal inférieur. 4 l'autre porte du canal mitoyen. 5 la porte commune aux canaux superieur et inférieur. 6 la première ouverture qui donne passage á une des branches de la portion molle. 7 la seconde ouverture qui donne passage á une autre branche du même nerf."

„Fig. 26 B. Représente le vestibule dans la même disposition que dans la Fig. 26 A précèdente avec les nerfs des trois canaux demy circulaires en l'air etc." Aus dieser Abbildung geht hervor, dafs du Verney die membranösen Bogengänge zwar gesehen, sie aber irrtümlich als Nervenfasern gedeutet hat. „Ces nerfs sont icy representés un peu plus gros que le naturel".

Die höher oben erwähnte Anschauung DU VERNEYS wurde, da sie auf vergleichend-anatomischen Thatsachen begründet zu sein schien, entweder vollständig von den ihm folgenden Gelehrten angenommen, oder man unterzog sie nur unbedeutenden Veränderungen, von denen einige dahin gingen, der Schnecke jeden Anteil am Hörakt abzusprechen.

Einige Zeit später verglich SCHELHAMMER (1684) [34]) *sämtliche* Ohrteile mit verschiedenartig gewundenen Blasinstrumenten und stellte in Zeichnungen, welche von A. KIRCHER entlehnt sind, den mutmafslichen Gang der Schallwellen sowie ihre Reflexion dar.*) Er war der *erste*, welcher es wagte, gegen die Existenz des aër implantatus im Ohr energisch sich aufzulehnen. Ganz unbedingt notwendig ist nur der Nerv, in

---

[34]) GUNTHERI CHRISTOPHORI SCHELHAMMERI. De auditu liber unus. Quo plerorumque omnium doctorum sententiae examinantur et auditus ratio nova methodo ex ipsius naturae legibus explicatur. Lugduni-Batavorum — 1684. Pars I, qua organi auditus structura exponitur.

Diese Arbeit enthält einen geschichtlichen Überblick von Aristoteles an bis zu der Zeit Schelhammers, ferner die Beschreibung der Struktur des äufseren, mittleren und inneren Ohres. Sch. zeigte ferner, dafs man aus einem *frischen* Labyrinth vom Raben Membranen mit Blutgefäfsen herausziehen kann.

*) Einfall und Reflexion von Schallwellen an der Ohrmuschel Fig. 27. Schelhammer führte noch einige Zeichnungen an, welche verschiedene Möglichkeiten von Schallwellenreflexion illustrieren.

Von der Ohrmuschel reflektiert, nehmen die Wellen ihre Richtung zum Trommelfell entweder auf vollständig geradem Wege (Fig. 28), oder sie werden an den Gehörgangswandungen noch vielfach gebrochen dahin reflektiert (Fig. 29), wie dies aus seinen schematischen Zeichnungen ersichtlich werden soll.

Fig. 27.

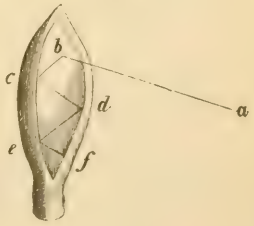
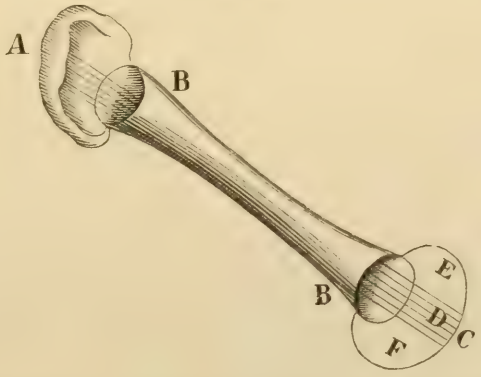


Fig. 28.



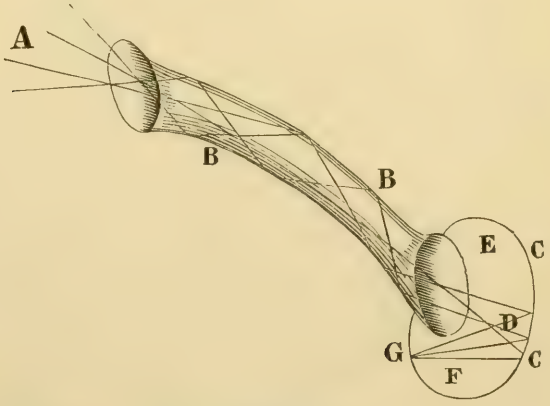
„Figura 28 docet, radios, si recto cursu meatus auditorius esset fabricatus, extra autem reflecti, nec posse in internas cavitates illabi: sit enim A auris externa. B B canalis auditorius. C C C concha, seu prima cavitas internae auris. D radii incidentes et in se reflexi".

welchem der spiritus animalis sich bis zum Ohre ausdehnt. Wir begegnen einer ähnlichen Einrichtung in allen Organen. Daher entsteht die Frage: „An talis aër sit, nec ne?“ Eine solche Luft existiert in unserem Organismus nicht und zwar: quia nulla cavitas, non modo in humano corpore, sed ne in universo quidem vacua invenitur, nec inveniri potest. Wenn eine solche luftverdünnte Höhle vorhandeu wäre, so müfsten die Membranen reifsen, da es ja bekannt ist, einen wie grofsen Druck die Aufsenluft ausübt. Ferner: Zur Weiterverbreitung des Schalles ist die gewöhnliche Luft vollständig genügend. Der aër ingenitus besteht schon deshalb nicht, weil durch die Tuba Eustachii ein Zutritt nicht nur der Aufsenluft, sondern sogar dem Tabakrauche geöffnet ist; daher ist auch kein Grund vorhanden anzunehmen, dafs die Innenluft sich irgendwie von der Aufsenluft unterscheide und somit kann man „de puritate interni perpetua coepit dubitare“. Der Schall geht von der membr. tympani, welche als Schutzvorrichtung der tiefer liegenden Ohrteile dient, in das Labyrinth durch die fenestr. rotunda hinein (ihm folgen: Vieussens, Treviranus und andere).

Schon viel plausibler erscheint die Theorie von Valsalva (1704),[35])

„In bonis meatus auditorio per exemplum ostendit, quantum obliquus decursus ad radios colligendos et augendum faciat somm. sunt enim A radii sonori. B B

Fig. 29.



meatus, per quem euntes varie reflectuntur. C C C concha. D radiorum allisio et reflexio. G vero est locus fenestrae rotundae, ubi omnes concurrunt.“

Die halbkreisförmigen Kanäle zeichnet er als Trompeten mit trichterförmigen Enden, die aber nicht zusammenkommen. Die Schnecke wird als Waldhorn dargestellt mit in demselben eingezeichnetem mutmafslichen Gange der Schallwellen.

[35]) Antonius Maria Valsalva. De aure humana tractatus, in quo integra auris fabrica multis novis inventis et iconismis illustrata, describitur, omniumque ejus partium usus indagantur, quibus interposita est musculorum uvulae atque pharyngis nova descriptio et delineatio. Bononiae. Editio I. Trajecti ad Rhenum. 1707. p. 96—112. Valsalva widmete 16 J. seines Lebens der Erforschung des Ohres. Aller *erste* Beschreibung des m. attrahens, tragicus, antitragicus, genaue Be-

welcher die im Labyrinth eingeschlossenen Membranen für den Ausbreitungsort des n. acusticus ansah und sie deswegen zonae acusticae nannte, welche er auch auf die Nervenfäden DU VERNEYS ausdehnte: tres canalium semicircularium zonae sonorae et zona cochleaae (i. e. pars membranacea laminae spiralis). Die zonae sonorae, welche dank der verschiedenen Gröfse der Kanäle eine ungleiche Breite und Länge haben, sind im stande, die verschiedensten Töne wahrnehmen zu können. Die Bewegungen der im Labyrinth befindlichen Luft teilen sich einer von diesen Membranen mit. Aus den halbzirkelförmigen Kanälen strömt die Luft in die scala vestibuli und erschüttert, nachdem sie die Schneckenwindungen durcheilt hat, die zona cochleae (substantia mollior), deren Bestimmung in der Perception derjenigen Töne besteht, welche gleichlautende Schwingungen in den zonae sonorae can. semicircul. nicht haben hervorrufen können.

PARENT (1712)[36]) stützte sich schon auf eine gröfsere Anzahl von vergleichend-anatomischen Thatsachen, um auf eine präzisere Weise den Ort des Gehörs zu lokalisieren. — Man mufs nach seiner Meinung einige Teile des Gehörorgans für unumgänglich notwendig, ohne die das Gehörorgan als Organ nicht bestehen kann, ansehen, während die anderen Teile wohl nur als die Gehörsempfindungen unterstützende und verbessernde Einrichtungen gelten müssen.

Einige Abteilungen percipieren nur Geräusche oder nur einen Schall von kurzer Dauer, ohne dessen Höhe oder Stärke bestimmen zu können, während die anderen die Höhe, Stärke und Dauer des Schalls oder des Tons mit allen seinen Nüancierungen wahrnehmen. Eine absolute Notwendigkeit, dafs der n. acusticus in einer knöchernen Kapsel eingehüllt sei, ist nicht vorhanden, da er ja bei vielen Tieren nur durch Knorpel geschützt ist. Die Schnecke ist *keineswegs* das wichtigste Organ (DU VERNEY): sie fehlt ja bei vielen Tieren. Dasselbe gilt auch von den Bogengängen, deren Anzahl zwischen drei und zwei variiert. Daraus ergibt sich, dafs der wichtigste Teil des Labyrinths der *Vorhof* ist. Um einen klaren Schalleindruck zu erhalten, ist die Teilnahme der inneren Muskeln durchaus notwendig, welche durch ihre mehr oder weniger starke Kontraktion die Spannung der Membranen regulieren. Die Schnecke dient zur Verlängerung der Schallempfindung.

---

schreibung der Verteilung der Ceruminaldrüsen; er reduzierte die Zahl der Incisuren des knorpligen Teils des äufseren Gehörgangs auf zwei. Genaue Beschreibung der Verlaufsrichtung des äufseren Gehörgangs. Die Fasern des n. acusticus gehen durch kleine Öffnungen in das Vestibulum, „laxati in tenuissimam quandam membranam solent uniri“ p. 55. Diese Membran „in vestibuli medio suspenditur“; von hier aus gehen Fortsätze in die Bogengänge (Zeichnungen). Die Tuba Eustachii ist mit ihren Muskeln genau beschrieben. Im Labyrinth eines Kindes fand er eine rötliche Flüssigkeit. Die Axe der Schnecke nannte er Modiolus.

[36]) Mercure, Février. p. 97. l. c.

Bibliothèque choisie de Médecine. T. XXV. Paris. 1766. p. 165.

Um ungefähr dieselbe Zeit brachte Ruysch [37]) den Beweis, dafs die Annahme einer normalen Öffnung im Trommelfell eine irrige sei und warf hierdurch alle jene trügerische Schlufsfolgerungen hinsichtlich ihrer Funktion, welche auf Grund dieser Annahme gezogen worden waren, über den Haufen.

Vieussens (1714), [38]) Zeitgenosse und Gegner Valsalvas, hat für die Anatomie des Ohres nichts von Bedeutung geschaffen; er entwickelte die Lehre von dem vielfach erwähnten aër implantatus bis zu den äufsersten Grenzen, indem er dieselbe den neuen Entdeckungen anzupassen suchte. Woher kommt diese innere Luft im Labyrinth, dessen Öffnungen durch Membranen verschlossen sind? Man müfste denken, dafs diese Luft durch die Poren dieser Membranen durchdringt. Dies kann man durch das Experiment folgendermafsen beweisen. Man bohre in den sagittalen Bogengang, sowie in den Vorhof ein kleines Loch und füge in den äusseren Gehörgang einen Trichter herein. Wenn man nun Weindämpfe oder den Rauch aromatischer Kräuter in den Trichter leitet, so dringen sie durch das Trommelfell in das cavum tympani herein und von dort in das Labyrinth, aus dem sie durch die angelegten Löcher ausgeschieden werden. Die Innenluft kann nicht dünner sein als die Aufsenluft, da wir ja wissen, dafs verdünnte Luft den Schall schlecht leitet. Die Leitung des Schalls nach dem Labyrinth wird befördert durch eine bestimmte Temperatur und Feuchtigkeit, welche durch die Blutgefäfse unterhalten wird, indem dieselben einen lymphatisch-spirituösen Saft ausscheiden.

Senac (1724) [39]) behauptet, dafs die Schallempfindungen hauptsächlich in den *Bogengängen* stattfinden, bei der Schnecke nähme nur deren *Spitze* teil an diesem Prozess (Willis).

Winslow (1732) [40]) verhielt sich derartigen, jeder Thatsächlichkeit

---

[37]) Ruysch (1710). Thesaurus animalium. Amstelodami. Index locupletissimus operum Ruyschionorum. Epistola anatomica 1718. Opera omnia 1721. Er wies nach, dafs das Trommelfell aus drei Schichten besteht und dafs eine Öffnung in demselben keineswegs constant wäre. Letzteres bewies er durch Eingiefsen von Quecksilber in die Paukenhöhle durch die Tube. Ferner zeigte er, dafs die Gehörknöchelchen mit Periost überzogen sind. Durch sein Injektionsverfahren verschaffte er Klarheit über den Zusammenhang und die Verbreitung der Gefäfse im Ohr.

[38]) Vieussens. Traité nouveau de la structure de l'oreille. Toulouse. Edit. 1. Er streitet Valsalva die Priorität der Entdeckung der zona sonorae ab in der Schrift von 1699. Transact. Philos. n. 258. p. 370: qu'il y a dans la cavité du tymvan une membrane d'une tissure très-mince et très-serrée; je l'appellerari *membrane interne du tympan*, à cause de l'endroit qu'elle occupe. etc. Etwas genauer beschrieb er den m. tympani. die Gefäfse und die Kuppe der Schnecke (scyphus Vieussenii), und wies nach, dass beide Abschnitte durch eine Öffnung communicieren.

[39]) Senac. L'anatomie de Heister avec des essais de physique sur l'usage des parties du corps humain. 3 Voll. 1724. 1735, 1753. Paris. l. c. Haller. T. V. p. 789.

[40]) Winslow (1732) führt in seiner Schrift — Exposition anatomique de la structure du corps humain — folgende Beobachtung an. Die spirale Membran ge-

entbehrenden Ansichten gegenüber schon bedeutend skeptischer, indem er meinte, sie könnten nur der Folge schlecht gekannter anatomischer Einzelnheiten des Ohres sein, welche teilweise bald darauf von Cassebohm (1734)[41]) kritisch bearbeitet wurden. Die Bemerkung Winslows übte keinen Einfluſs auf die späteren Forscher aus, welche meist nach der alt hergebrachten Weise hinsichtlich der Funktionen des Ohres ihrer Phantasie volle Zügel schieſsen lieſsen.

Mead Richard (1737)[42]) untersucht die Ohrstruktur von Schlangen und kommt zur Schluſsfolgerung, daſs die Bogengänge den physiologisch wesentlichsten Teil des Ohres abgeben.

Morgagni (1740)[43]) folgt der Ansicht Valsalvas, indem er dieselbe zu vervollkommnen sucht: ... „suspensa (membrana) est inter Cavitates duas, Haemisphaericam et Semiovalem, aptissimas ad sonos tum colligendos, tum augendos, tum in eam Membranam reflectendos".

Nach Boerhaave[44]) werden die Schwingungen den Bogengängen

---

langt nicht ganz bis zur Schneckenkuppe. Infolge dessen entsteht hier eine kleine Öffnung, durch welche beide Räume miteinander kommunizieren. Vol. IV 327. Folgende Bemerkung könnte auch jstzt noch Geltung haben: „On sait qu'en général c'est l'Organe de l'Onïe; mais quand on veut entrer dans se détail des usages de chacune de ses parties bien examinées, bien connues et bien considerées, on trouvera que dans tout ce qu'en ont dit les plus habiles Physiciens, il y a très-peu de réel". Vol. IV. p. 330.

[41]) CASSEBOHM (1734) nimmt als Forscher eine glänzende Stellung ein. Seine an 300 kindlichen Leichnamen angestellten Beobachtungen legte er zunächst in seiner Disputation nieder: Disputatio anatomica inauguralis de aure interna, 27 Jul. 1730. Francofurti cis Viadrum, und später in: Tractatus sex de aure humana. Halae Magdeburgicae. 1734.

Es gereicht ihm zu groſsem Verdienst, dass er sich des Vergrösserungsglases bediente, wodurch er auf viele Unrichtigkeiten in der anatomischen Auffassung seiner Vorgänger aufmerksam wurde. — Er bestreitet die von Valsalva angenommene constante Kommunikation der Paukenhöhle mit der Schädelhöhle.

„§ 221. Humor auris internae. In auribus recentibus in labyrintho, itemque in tympani cavitate, *humor* observatur, a quo in quibusdam auribus cavitatis tympani et labyrinthi superficies aliquantum madefactas vidi; in aliis vero auribus humor in cavitatibus citatis abundabat. Cavitatis tympani humorem a vasis membranae, hanc cavitatem investientis, secerni verosimile videtur. Ad labyrinthum vero humor vel e cranii cavitate per canalis auditorii interni foramina defertur; vel ab ipsis labyrinthi membranis separatur, Plura de hoc humore alio tempore, Deo volente, afferam". Doch war es nicht Cassebohm beschieden, den Zusammenhang dieser wichtigen Beobachtung zu finden! Cassebohm war meines Wissens der erste, welcher in seiner „Anweisung zur Anatomischen Betrachtung und Zergliederung des menschlichen Körpers" (Neue Ausgabe von Baldinger, 1769) ein besonderes Kapitel der Zergliederung des Ohres gewidmet hat: Cap. 27. Von der Präparation des Ohres p. 358—363.

[42]) MEAD RICHARD. Mechanica expositio venenarum variis dissertationibus comprehensa ex Anglico sermone in latinum versa. Lugduni Batavorum p. 43.

[43]) MORGAGNI. Epistolae Anatomicae duodeviginti ad scripta pertinentes celeberrimi viri Antonii Mariae Valsalvae. Venetiis. Epistola anat. XIII. p. 525. 49.

[44]) BORHAAVE äufsert sich viel präciser als seine Vorgänger über die Anwesenheit der Labyrinthflüssigkeit: Praelectiones Academicae in proprias institutiones

überliefert, aber „cur vero quinque potius ostia tribus canalibus natura fecerit, cur numerum ad tres reduxerit, nemo dixerit mortalium“. In der Schnecke erblickt er das die Töne analysierende Organ. Die Idee Du-Verneys hinsichtlich der Bedeutung der lamina spiralis ossea wird durch ihn weiter entwickelt, indem er für jeden Ton *eine eigene Nervenfaser*, welche auf dem *knöchernen* Plättchen, sowie auf der *membranösen* Scheidewand sich ausbreitet, in Anspruch nimmt. Der Schall erreicht zunächst die Membran der fenestra rotunda und erzeugt anfänglich eine wirre Vorstellung — ein Geräusch, unter dessen Einfluſs „anima excitata aures arrigit“; mit Hilfe der Muskeln im Ohre werden die Gehörknöchelchen gespannt, ein Umstand, welcher so lange andauert, bis „illud punctum tensionis reperiat, quod cum sono externo harmonicum est, et tunc distincta contingit auditio“.

In der Schnecke selbst: „habeantur *chordae nerveae* omnium longitudinem possibilium inter punctum et semidiametrum laminae spiralis cochleae, ubi ad *basin* hujus est *latissima*.“ — „Atque habemus adeo chordarum infinitum numerum, quae cum *infinitis sonis possint in unisonum tremere*: Longissimae enim gravissimos sonos, deinde mediae mediocres, brevissimae peracutos expriment, et inter infinitum fere numerum, si una noluerit contremiscere. alia tamen repietur, quae harmonice tremat; quando vero ea tremit, contremiscunt omnes chordae, quae ejus sunt *octavae, quintae, tertiae majores, tertiae minores* et ex his conjunctis tremoribus sit *unus sonus harmonicus*; is autem ad nervum acusticum fertur et quando nunc cum cerebro communicatur, jam auditus est.“

Boerhaave ist der erste, welcher den Gang der von der Ohrmuschel reflektierten Schallwellen experimentell zu bestimmen suchte. Er verfertigte einen Wachsabdruck von einem Individuum, welches durch ein vorzügliches Gehör sich auszeichnete. Indem er daraufhin die Einfalls- sowie die Linien der reflektierten Schallwellen bezeichnete, kam er zu dem Resultate, daſs der Schall durch die Unebenheiten der Ohrmuschel *gänzlich* in der Richtung des äuſseren Gehörgangs reflektiert werde. — Das Gehör wird durch das Abschneiden der Ohrmuschel abgeschwächt.

Schon zu dieser Zeit erscheinen vereinzelte Gegner der herrschenden Ansichten über die Funktion der Schnecke.

Cramer (1741)[45]) suchte zu beweisen, daſs die Saiten der lamina spiralis zu kurz sind, um durch auſserhalb des Ohres befindliche viel gröſsere Körper in mittönende Schwingungen geraten zu können. Hiergegen wendete Mairan[46]) ein, daſs hierzu die Saiten der Schnecke von der gleichen Länge wie die auſserhalb des Ohres befindlichen nicht zu

rei medicae edidit et notas addidit Albertus Haller. 1739—43. Göttingae. T. IV. pp. 396, 402, 405.

[45]) Journ. des savants. Jun. l. c. Haller. T. V. p. 689.

[46]) Ibid. l. c. T. V. p. 690.

sein brauchten; es wäre vollständig genügend, wenn die Nervenfasern nur teilweise im Unisono mit den Aufsensaiten ihre Schwingungen ausführten, z. B. in einer Oktave, oder in der zweiten Oktave, oder in irgend einem anderen geraden Verhältnis.

Brendel (1747)[47]) sah als den Ort des Gehörs die *Spitze* der Schnecke (Willis) an, und begründete diese Ansicht mit seiner Beobachtung, dafs der n. acusticus, nachdem er durch den Canalis modioli sich einen Weg gebahnt habe, an der Spitze der Schnecke in Fasern zerfalle; hier werden nun, gleichsam wie im Brennpunkte, alle Schallwellen, nachdem sie beide Skalen durchlaufen haben, sich vereinigen.

Etwas ganz Entgegengesetztes behauptet M. Esteve[48]) (1751); er meint, dafs die Gehörempfindungen mit Hilfe der intralabyrinthären Luft mit *allen Teilen* des inneren Ohres wahrgenommen würden: „si les parties du labyrinthe ont différentes figures, ce n'est que pour rendre le son beaucoup plus sensible.“ — Esteve sprach sich gegen die Hypothese der Nervensaiten auf Grund folgender für jene Zeit schwerwiegenden Begründungen aus:

1. Der Hypothese läge eine keineswegs konstatierte anatomische Thatsache des Parallelismus der Nervenfasern in der Schnecke zu Grunde.

2. Falsch wäre: „que les seules cordes à l'unison rendent du son, car on observe que toutes les cordes qui peuvent rendre des sons harmoniques, en rendent etc.“

3. Schon die Nervenstruktur an und für sich spricht gegen die Möglichkeit einer für die Vibrationen geeigneten Spannung.

4. Die Nervenfasern liegen fest aneinander angeschmiegt und zwar auf einer harten Unterlage — sie könnten demnach nur schwer und nicht einmal vereinzelt, sondern alle zugleich vibrieren.

Zwei Jahre später erschien die Arbeit von Zinn[49]) (1753), welche der

---

[47]) Brendel. De auditu in apice cochleae. Prog. I. 31 Aug. Prog. II—16 Sept. Haller. Disputationum anatomicarum Select. Vol. IV. 1749 p. 399.

Er beschrieb etwas eingehender den Modiolus und wies auf die Öffnung hin, durch welche beide Skalen im Scyphus Vieussenii kommunicieren, wie auch auf die spirale Vertheilung in verschiedenen Reihen von Öffnungen in dem Modiolus, für den Austritt von Nerven.

[48]) M. Esteve Traité de l'ouie. Avignon. 1751 p. 22.

[49]) Zinn. Observationes quaedam botanicae et anatomicae de vasis subtilioribus oculi et cochleae auris internae. Gottingae.

p. 31. „Altera pars (membranacea) in ipso gyro suspensa, structura multum a priori diversa videtur, et fasciam refert, quae, nullis neque granulis neque lineolis extantibus hirta, levior et solidior observatur, quae tamen fasciola si microscopio inspiciatur, lineata et ex striis transversis plane parallelis sensim brevioribus composita apparet, cujus orae liberae subtilissime serratae pars membranea laminae spiralis adnectitur. Sensim striis semper brevioribus factis, angustior redditur, et in apice demum in hamulum tenuissimum terminatur.“

p. 36. „Cum autem striae osseae transversae parallelae, ex quibus lamina ossea componitur, sibi invicem potius agglutinatae et contiguae, quam, uti fibrae

Hypothese von den Nervensaiten gleichsam eine gröfsere Wahrscheinlichkeit verlieh. — Er verfolgte nämlich die lamina spiralis mit einem Vergröfserungsglas und fand, dafs sie aus parallel nebeneinander liegenden Bündelchen und Streifchen bestände, welche aber ganz besonders am membranösen Teil zu sehen wären; dieser schien leichter in Bewegung geraten zu können. Zinn konnte sich jedoch nicht entschliefsen, diesen Teil als das Organ des Hörens anzusehen — zum Nachteil der damals vorherrschenden Anschauungen. Er suchte jedoch die Widersprüche zu versöhnen. Die Schwingungen werden den Parallelstreifen der knöchernen lamina spiralis mitgeteilt; dieselben können aber, da sie fest aneinander gefügt sind, vereinzelt sich nicht bewegen. Ihre Vibrationen werden aber den entsprechenden Streifchen und Nerven des membranösen Teils mitgeteilt, welche für sich allein zu schwingen nun vollkommen im stande sind.

II. Periode.

Soweit war die Frage gediehen, als Domenico Cotugno (1760) [50]) mit seiner wichtigen Entdeckung hervortrat. Er war es, der die Existenz *einer serösen Flüssigkeit im Labyrinth* bewies, von der Valsalva, Vieussens, Cassebohm, nur ganz flüchtig Erwähnung gethan hatten, und somit einfür allemal den Jahrhunderte alten Verirrungen vom aër ingenitus, implantatus, inaedificatus, purissimus, ein Ende bereitete.

Durch seine Untersuchungen brachte Cotugno die Hypothese von den Nervensaiten in der Schnecke, welche im Laufe fast eines Jahrhunderts sich allmählich vervollkommnet hatte, zur vollen Entwickelung.

---

partis membraneae sibi continuatae videantur, singula stria tremere et unice suum nervulum percutere poterit, reliquis striis et nervulis vel maxime vicinis, plane quietis et inconsussis, aut si contremiscant nonnullae, harmonicae tantum, et octava ad actavam, consonabunt."

[50]) Cotugno. De Aquaeductibus auris humanae internae. Anatomica dissertatio. Neap. 8°. 1760; Viennae 1774.

XCII p. 170. „Sed quae inde sincera soni cujusque, distinctaque percepta? Apparet aeque necessitas cochleae, in qua series chordarum parallelarum tensarumque cymbalo similis abscondetur, cujus in zona cochleae sedes est, quae fili nervosa a spirali lamina accepta, et parallela continet longitudines variae. Harum ego chordarum minimam in zonae origine pono, prope orificium scalae tympani, ubi arctissima zona est, maximam vero versus zonae hamulum. Quemadmodum ergo edito sono aliquo, etiam vocis humanae, observatur ex tot cymbali chordis unam tremere, quae in eodem unisono cum sono dato est, ita in quovis dato sono, intra cochleam, quae cymbalum nostrum est, propria unisona respondens chorda datur, quae unisone contremiscens ejus soni animae distinctionem exhibet."

Vgl. XVI. p. 25. Cap. XXIX. p. 46. Cotugno ging auf folgende Weise vor: Er entfernte vorsichtig den Steigbügel, so dafs er auf die mit Flüssigkeit gefüllte Höhle kam. Dieselbe Flüssigkeit kam auch nach Entfernung der knöchernen Kapsel der Bogengänge und der Schnecke zum Vorschein. Die Knochen müssen ganz frisch sein. Wenn sie eine Zeit lang liegen bleiben, so sieht das Labyrinth infolge der Ausdünstung des Wassers trocken aus.

Siehe Cap. LIV, LV, LVI p. 96.

Die Erklärungen Cotugnos, welche sich auf bereits präzisere anatomische Thatsachen stützten, gewannen bedeutend an Wahrscheinlichkeit. Die Luftwelle bewegt den Steigbügel, welcher seine Bewegungen der Intralabyrinthflüssigkeit und den in ihr schwimmenden Nerven, welche in der Schnecke in einer sehr zarten Membran (zona cochleae) ausgebreitet sind, mitteilt. Zwar erkennt er den Bogengängen die Eigenschaft, die Töne im allgemeinen wahrnehmen zu können, zu; in der Schnecke aber sieht er das Organ, welches diese Töne analysiert. Wovon aber — frägt er — hängt wohl die Reinheit und die Vollkommenheit des Tones ab? Hierzu scheint eben die Schnecke unbedingt notwendig zu sein, in welcher nach Art einer Laute sich eine Reihe von Saiten und Fäden befinden, welche in der zona cochleae (Zinn) ausgebreitet sind und in welche die Nervenfasern aus der lamina ossea hineindringen. Ihre Gröfse ist verschieden: die allerkürzesten Saiten befinden sich am Anfang des engen Teils der Zona in der Nähe der Oeffnung scalae Tympani, die längsten in der Nähe des Hamulus. Wenn nun irgend ein beliebiger Ton, auch durch die menschliche Stimme, erzeugt wird, so beobachtet man, dafs von der ganzen Menge der Saiten einer Laute nur eine in Schwingung gerät. Ähnlich diesem Vorgange versetzt ein Ton, welcher die gleichsam innere Laute darstellende Schnecke erreicht, eine darin befindliche Saite, welche dem gegebenen Tone entspricht, in Schwingungen.

Cotugno war der Meinung, dafs nur der membranöse Teil der lamina spiralis (im Gegensatz zu den früheren Forschern) das schallempfindende Organ sei; die Breite der lam. sp. m. verliefe im umgekehrten Verhältnis zur Breite der lamina spiralis ossea, welche nach der Spitze zu schmäler wird.

Cotugno entdeckte ferner zwei Kanäle — die beiden Aquaedukte, welche für den Abfluſs der Intralabyrinthflüssigkeit notwendig sind, wenn der Steigbügel einen Druck auf dieselbe ausführt.

Haller [51]) (1763) bespricht die Ansichten und Vorstellungen seiner Vorgänger und kommt zu dem Schlusse, dafs der Umfang des Gehörs dem Umfange der Ausbreitung des Gehörnerven im Labyrinth entspricht, und dafs zur Gehörempfindung nur ein Nerv mit hartem Gehalt notwendig ist, welcher durch den Ton in Schwingungen gerät. Zugleich leugnet Haller die Möglichkeit nicht, dafs verschiedene Töne durch Nerven verschiedener Länge wahrgenommen werden könnten; er ist nur mit den angeführten Erklärungen nicht einverstanden. Haller unterscheidet die Luftleitung von der Knochenleitung. Die erstere geht durch die Gehörknöchelchen und manchmal auch durch die Eustachische Tube, die zweite durch die Kopfknochen, welche ebenfalls in mittönende

---

[51]) Elementa physiologiae corporis humani (Lausanne 1757—1766). Deutsche Übers. 1772. Bd. V. SS. 684, 685, 688—692.

Schwingungen durch die äufseren Töne geraten können. Man kann nach ihm auch ohne Ohrmuschel und ohne Gehörknöchelchen hören, wenn nur die harten Teile des Kopfes — die Knochen — vibrationsfähig sind, und ihre Vibrationen den aufserordentlich harten und spröden Gebilden der Bogengänge und der Schnecke mit dem in denselben eingeschlossenen Nervenbrei übermittelt werden. „Folglich könnte das Gehör stattfinden, wenn ein Nerv in der Gehörmaschine da ist, welcher von einem mitbebenden Knochen berührt wird. Allein es wird sich viel vollkommener verrichten lassen, wofern die Knochen des Gehörs Platten oder kegelförmige Röhrchen, oder wie Triangel abnehmende Röhrchen (Schnecke) bekommen, damit einige Sektionen länger als andere in langen Abnahmen dadurch entstehen können."

Le Cat (1767—68)[52]) folgt im allgemeinen den Ansichten von du Verney und Boerhave; er sucht die Funktionen der einzelnen Teile präzise festzustellen und fügt einige Vermutungen hinzu.

Die Bogengänge bestehen auch nach ihm gleichsam aus zwei zusammengelegten Hörnern.

„Comme ce labyrinthe est simple et uniforme, je conçois qu'il est l'organe *général* de l'ouye, c'est-à-dire, l'organe remué indifféremment par toutes sortes de sens, ou de bruits, ou si vous voulez c'est l'organe *général* du *bruit*; mais le limaçon a, ce me semble, une construction et un usage plus recherchés."

Nach einer Beschreibung der Schneckensaiten nach Boerhaave kommt Le Cat zu folgender Schlufsfolgerung: „C'est pourquoi je regarde le limaçon comme le sanctuaire de l'ouye, comme l'organe particulier de l'harmonie, ou des sensations les plus distinctes et les plus délicates en ce genre."

Die Ansicht der Gegner der Hypothese von den Schneckensaiten, welche auf die Unmöglichkeit dafs die Fasern vereinzelt schwingen könnten, hinweisen, versucht Le Cat auf folgende Weise zu widerlegen: . . . „la verité anatomique en nous représentant ces fibres serrées entre elles, pour composer une toile, nous fera sentir l'impossibilité qu'une de ces fibres puisse être vibrée séparément comme une corde de clavecin; mais elle nous la fera voir remuant avec elle *une petite étendue de la toile* qu'elle forme et, en nous laissant tous les avantages du système des consonances, elle y joindra la realité de la construction des organes."

Aufserdem ermöglicht die Anordnung der Bogengänge, dafs der Schall verstärkt werde. Dasselbe kann auch von der Schnecke gesagt werden, wenn man ihre Gestalt in Anbetracht zieht (eine Ansicht der alten Autoren!). Die Unvollkommenheit der Schnecke bei den Vögeln wird

---

[52]) Le Cat. Traité des sensations et des passions en général, et des sens en particulier. T. II. Paris p. 280.

La théorie de l'ouie: supplément a cet article du traité des sens. Paris 1768. p. 194.

bei ihrer musikalischen Begabung durch die bei denselben vorkommenden grofsen Höhlen in den Schädelknochen, welche von Muskeln unbedeckt sind, aufgehoben (nach der rein hypothetischen Annahme Le Cat's).

Nach Buffon (1769)[53]) ist die Schnecke das unmittelbare Organ der Schallwahrnehmungen. Die Bedeutung der Bogengänge reduziert sich dem Anscheine nach darauf, den Schallwellen nach Art von Röhren eine gewisse Richtung zu geben und sie zu leiten. Die Schwingungen der Schallwelle werden durch die lamina spiralis auch ihrem *membranösen* Teil übermittelt, welcher das perzipierende Organ im eigentlichen Sinne darstellt.

Antonius Scarpa (1772)[54]) behauptet in seiner Schrift „De fenestra rotunda" dafs der Schall den Gehörnerven durch die fenestra ovalis et rotunda (Laurentius 1595) erreiche. Dank diesem zweifachen Wege werden die Schalleindrücke voller. Die Fenestra rotunda wird von einer Membran bedeckt und führt in die scala tympani, welche Scarpa tympanum secundarium nennt. Die membrana tympani secundaria spielt hier dieselbe Rolle wie die membrana tympani für das cavum tympani. Mit Hilfe dieser Membran erreichen die Schwingungen schneller den Gehörnerven. Sie leitet ganz besonders gut *schwache* Töne, welche nicht im stande sind, die Gehörknöchelchen in Bewegung zu setzen.

Dafs die fenestra rotunda in der That die Rolle des Trommelfells spielt, das beweist z. B. der gröfsere Umfang der scala tympani sowohl als auch andere Beobachtungen. Der gehörte Ton wird bei geöffnetem Munde lauter; ein mit den Zähnen gehaltenes Musikinstrument wird dröhnend vernommen. Letzteres findet sogar nach vorhergegangener Zerstörung des Trommelfells und Exfoliation der Gehörknöchelchen statt, ja sogar bei vollständiger Verwachsung (Atresie) der äufseren Gehörgänge und vollkommenem Fehlen der Ohrmuscheln.

Während nun Scarpa durch die soeben erwähnte Schrift das Fundament zu seinen künftigen Forschungen legte, welche eine neue Aera für die Anatomie des Ohres bedeuten, schien die grofse Entdeckung seines Zeitgenossen Cotugnos, nicht allen glaubwürdig zu sein. Hierzu bedurfte es noch einer ganzen Reihe neuer Beweismittel.

Der erste Verteidiger der neuen Ansichten war Caldani (1773)[55])

---

[53]) BUFFON. Histoire Naturelle, générale et particulière. Nouv. édit. Du sens de l'ouie. Paris. T. IV. p. 481.

[54]) A. SCARPA. De structura fenestrae rotundae auris, et de tympano secundario anatomicae observationes. Mutinae.

Geschichtliches über die fenestra rotunda et ovalis, sowie Beschreibung der Lage und der Gestalt der fenestra rotunda.

Durch Eingiefsungen von Quecksilber in das Ohr von Hühnern wies Scarpa nach, dafs bei diesen beide Organe vermittelst einer ganzen Reihe von Höhlen mit einander kommunizieren.

[55]) CALDANI. Institutiones physiologicae. Patavii. l. c. Meckel.

Sein Beweis bestand darin, dafs er nach Durchschneidung der Membran des

und bald darauf MECKEL (1777)[56]), welcher zu dieser Frage eine klassische Arbeit schrieb — ein Muster von Methodik und Präzision der Beobachtung und des Experimentierens — durch welche er auf glänzende Weise die Richtigkeit der Angaben Cotugnos bestätigte. Trotz einer genauen Kenntnis von der Struktur des Ohres, hat Meckel immerhin keine neuen Anhaltspunkte für die Funktion der einzelnen Teile desselben geliefert; er neigte vielmehr zur Ansicht Hallers: „ut itaque pateat auditus sedem in toto labyrintho, non in parte ipsius tantum esse."

Aber trotz der Arbeiten von Caldani und Meckel kam die Entdeckung Cotugnos immer noch nicht zur vollen Geltung. So fuhr denn z. B. der bekannte Forscher auf vergleichend-anatomischem Gebiete, ETIENNE

---

runden Fensters einen Druck auf den Steigbügel ausführte, wobei die Labyrinthflüssigkeit durch das runde Fenster abfloſs.

[56]) MECKEL. Dissertatio anatomico-physiologica de labyrinthi auris contentis. Argentorati die 28 Maji 1777.

In den beigefügten Zeichnungen sind zum ersten Male die Aquaeducte abgebildet.

Fig. 30.

Fig. 30. „Adulti hominis labyrinthus sinistri lateris a posteriori parte cernuus.
d Diverticulum vestibuli.
c Diverticuli cochleae latum extremum.
h Canalium semicircularium perpendicularium, superioris *k*, posterioris *i*, communis pars.
l Canalis semicircularis horizontalis.
m Petrae apex.
n Foramen acusticum internum.
o Diverticuli vestibuli angustior pars."

Fig. 31.

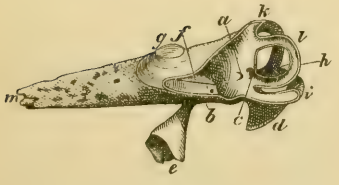


Fig. 31. „Idem labyrinthus ab anteriori et inferiori parte apertus.
a Initium diverticuli vestibuli.
b Idem diverticuli cochleae.
c Ostium commune canalium perpendicularium.
d Diverticuli vestibuli exterior portio.
e Cochleae diverticulum, nunc totum apparens.
f Laminae spiralis cochleae initium.
g Cochleae apex.
h i k l ut Fig. 30 sed aperti canales."
m ut Fig. 30.

Getreu nach dem Originale reproduziert.

Auf diese Weise wurde zum ersten Male die Existenz der Aquaeducte im Ohrlabyrinthe auf das evidenteste bewiesen. Durch mehrere andere ebenfalls sauber gearbeitete Zeichnungen wird die Anwesenheit derselben beim foetus humanus, vitulus und felis junior konstatiert.

Geoffroy [57]) (1778), immer noch fort, die Erscheinungen des Hörens mit Hilfe einer intraauralen Luft zu erklären, indem er sich dabei in der Hauptsache an seine Vorgänger hielt. Die Gehörwahrnehmungen geschehen nur im Labyrinth, die übrigen Teile des Ohres sind unumgänglich zur Schallleitung erforderlich (Parent). Die einzelnen Teile des Labyrinths haben eigene Funktionen. Nicht die Schnecke — die ja bei vielen Tieren fehlt — sondern die halbkreisförmigen Kanäle und der Vorhof stellen das eigentliche perzipierende Organ (Du Verney) dar, welches den Schall mit Hilfe der inneren Luft verstärkt (Morgagni), und ihn wahrnimmt. Unumgänglich notwendig ist die Schnecke nur für die gröfsere *Feinheit* des Gehörs (Verduc). Die Vögel, welche keine entwickelte Schnecke besitzen, hören nur deswegen gut, weil ihre halbkreisförmigen Kanäle bei ihrer Gröfse aufserordentlich dünnwandig sind und von einem porösen Knochen umgeben werden. Da nun aber beim Menschen und den übrigen Säugetieren die Schläfenbeine sehr hart sind, so wären die halbzirkelförmigen Kanäle bei ihnen nicht mehr im stande, die Verschiedenheit der Töne wahrzunehmen — darum habe der Schöpfer aller Dinge diesen die Schnecke noch hinzuverliehen, damit „sie alle möglichen Nüancierungen und Modulationen des Schalles erkennen könnten".

Geoffroy war ein Anhänger der Hypothese von den Schneckensaiten. Zum Beweis der Existenz derselben macht er auf den bemerkenswerten Umstand aufmerksam, dafs von allen Sinnesorganen das Gehör allein die Eigenschaft besitzt, die empfangenen Wahrnehmungen *mathematisch* genau abzuschätzen. Die Augen unterscheiden die Farben und ihre Abstufungen, doch den Grad des Unterschiedes können sie nicht genau bestimmen. Dasselbe gilt für den Geschmack und den Tastsinn. Das Gehörorgan allein sei im stande, die auf dasselbe einwirkenden Eindrücke in Töne, Halbtöne und ihre Modifikationen einzuteilen.

Elliot (1785) [58]) führte, um die Entstehung der Töne präziser definieren zu können, an verschiedenen Stellen des Kopfes und des Ohres einen Druck aus. Es soll sich dabei gezeigt haben, dafs man entsprechend der Druckstärke verschiedene Töne erhielt (?). Daher wäre der Schlufs berechtigt, dafs durch einen Druck eine solche Anzahl von Schwingungen bedingt wird, wie sie bei dem objektiven Tone zu stande zu kommen pflegt. Aufserdem stellte Elliot eine neue Hypothese auf: er glaubt nämlich, dafs die membrana tympani zur *Wahrnehmung der Schallrichtung* diene, indem die Schallwellen dadurch, dafs sie auf verschiedene Stellen des Trommelfells stiefsen, auch verschiedenartige

[57]) E. GEOFFROY. Dissertation sur l'organe de l'ouïe de l'homme, des reptiles et des poissons. Amsterdam et Paris in 8°. Deutsche Übers. Leipzig 1780. pp. 24, 27, 29 sqq.

[58]) ELLIOT. Physiologische Beobachtungen über die Sinne, besonders über das Gesicht u. Gehör, wie auch über das Brennen u. die thierische Wärme. Aus dem Engl. Leipzig 1785.

Empfindungen hervorbrächten. Er wies übrigens zum ersten Male darauf hin, — ohne es jedoch zu beweisen — dafs der Klang (Mode of sound) aus einer Mischung von Tönen besteht.

Soweit war die uns interessierende Frage gekommen, als eine Schrift ANTONIO SCARPAS[59]) 1789 erschien, welche durch die Genauigkeit der

[59]) SCARPA. Anatomicae disquisitiones de Auditu et Olfactu. Mediolani. (1797). Deutsche Übers. Nürnberg 1880. p. 104 et sqq. Scarpa hat sichtlich keine Kenntnis davon gehabt, dafs vor ihm schon GALVANI die Beschreibung verschiedener Einzelheiten gegeben hatte: LUIGI (ALOYSIUS) GALVANI. De volatilium aure. Erste Mitteilung 1768, Zweite Mitteilung 1769, Dritte Mitteilung 1770 in Acad. Bononiensis. Gedruckt erst im J. 1783 in Bononiensi scientiarum et artium instituto atque Academiae Commentarii T. VI p. 420 Bononiae.

Scarpa hat Folgendes bemerkt: In der Paukenhöhle von Vögeln einen knöchernen Kanal, eine Kopfarterie enthaltend, eine Vene und einen Nerv, den man mit dem VII. Paar vergleichen kann, ebenso eine kleine Nervenfaser — ein Analogon zur Chorda tympani. In der Schnecke von Vögeln ist ein Knorpel angelegt mit einer quastenförmigen Nervenendigung. Die Bogengänge bei den Vögeln wären gröfser als bei den Säugethieren — dieselben glichen bald mehr einer Ellipse, bald mehr einem Halbkreis.

Die nächstfolgenden Zeichnungen zeigen, wie das häutige Labyrinth — die halbzirkelförmigen Kanäle, die Schnecke und der Vorhof — zum ersten Male in toto von SCARPA dargestellt worden war. Vor ihm war dasselbe nur stückweise gezeichnet worden (von KOHLREUTER u. anderen), CASSERIUS ausgenommen, welcher das Fischlabyrinth richtig abgebildet, aber eine falsche Erklärung hatte. Dank seinen zahlreichen Kupferzeichnungen (46 auf acht Tafeln) wurde ein ferneres Leugnen der Existenz eines membranösen Labyrinthes auf immer beseitigt. Es wurden von ihm folgende Tierklassen auf ihr Gehörorgan hin untersucht: Insekten, Würmer, Fische (Knorpelfische: Rochen, Raja Clavata, Haifische; Schuppenfische: Hecht, Lucius Piscis, Karpfen Carpis, Seehunde — Squalus catalus. Benennungen nach der damaligen Nomenclatur), Amphibien und Reptilien (Schildkröte — Testudo marina, Krokodil, Salamander, Runzelschlange — Anguis Caecilia, Vipera, Kupfereidexe — Lacerta agilis Frosch, Octopus, Krebs — Cancer fluviatilis); Vögel (Gans). Die Seiten 64 bis 98 sind dem menschlichen Ohre gewidmet. Als Beispiele der eminenten Beobachtungsgabe SCARPA's mögen folgende schöne Kupferstiche dienen.

Fig. 32.

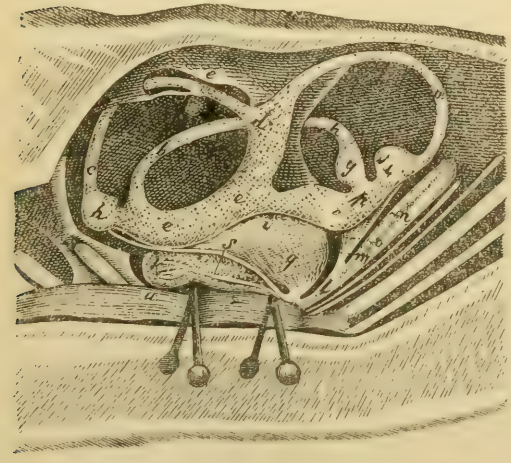


Fig. 32. „Der Kopf eines Froschfisches (Rana piscatrix) in zwei Teileder Länge nach gespalten (Taf. IV Fig. I).
a Der *vordere* häutige Bogengang.
b Der *horizontale* häutige Bogengang.
c Der *hintere* häutige Bogengang.
d Der Zusammenflufs des *vordern* und *hintern* Bogengangs.

Beschreibung, die Klarheit der Darstellung und die Richtigkeit in der Aufstellung der Frage erfrischend auf den menschlichen Geist wirkte, welcher durch die jahrhundertelang gewohnte Ehrerbietung vor allen

---

e e e Der gemeinschaftliche Schlauch der häutigen Bogengänge.
f Die *Blase* (i. e. jetzt Ampulle) des vordern Bogengangs.
g Die Blase des horizontalen Bogengangs.
h Die Blase des hintern Bogengangs.
i Der gröfsere Sack der Gehörknochen (i. e. Otolithen).
k Der kleine Gehörknochen.
l Der vordere Ast des fünften Nerven.
m Ein Ast vom vordern Aste des fünften Nerven.
n Ein Nerv für die Blase des vordern Bogengangs.
o Ein Nerv für die Blase des horizontalen Bogengangs.
p Die Nervenfäden hinter dem dritten Gehörknochen.
q Die Nervenfäden, die sich über die Kapsel des gröfsern Gehörknochens hinziehen.
r Ein Nervenfaden, der sich über die Kapsel des kleinen Gehörknochens verbreitet.
s Ein Nerv für die Blase des hintern Bogengangs.
t Der dritte Hörknochen.
u Die Kapsel des kleinen Hörknochens."

Fig. 33.

Fig. 33. „Stellt eines von den Bläschen (jetzt Ampullen) der häutigen Bogengänge des Rochen geöffnet und stark vergröfsert dar.
a a Die Blase.
b Ein Ast des weichen Gehörnerven, der allmählich breiter wird und sich in Fäden auflöst.
c Inwendig die nervige Scheidewand der Blase.
d g Der Zylinder des häutigen Bogengangs über und unter der Blase."

Fig. 34.

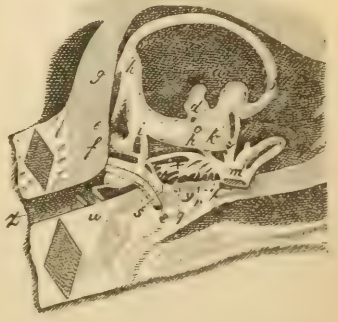


Fig. 34. „Der Kopf des Hechtes der Länge nach durchschnitten.
a Die Kopfhöhle.
b Der vordere häutige Bogengang.
c Die Blase desselben.
d Die Blase des horizontalen häutigen Bogengangs.
e Das andere Ende des horizontalen häutigen Bogengangs.
f Die Blase des hintern häutigen Bogengangs.
g Das andere Ende des hintern häutigen Bogengangs.
h h Der schlauchförmige Sinus, den die Bogengänge unter sich gemein haben.
i i Der Anfang der Bogengänge.
k Das dritte Gehörknöchelchen (jetzt Otolithen).
l Das Säckchen der Knochen.
m Der Stamm des fünften Hirnnerven.
n Ein Ast des Hirnnerven für die Blase des vordern Bogengangs.
o Ein Ast des Hirnnerven für die Blase des horizontalen Bogengangs.

möglichen Vermutungen und rätselhaften Beschreibungen umschleiert war, deren Sinn selbst ein so gediegener Kenner der lateinischen Sprache, wie Scarpa, manchmal nicht erraten konnte. Scarpa verstand es, mit Geschicklichkeit die damals existierenden Methoden (das Vergrößerungsglas, Injektionen) auszubeuten und die durcheinander gestreuten unsicheren Beobachtungen seiner Vorgänger teils zu verifizieren, teils durch neu beobachtete, vergleichend anatomische Thatsachen zu vervollständigen.

---

p Nervenzweige, die sich in das schlauchförmige Säckchen hinter dem dritten Knochen einpflanzen.
q Ein Ast des Hirnnerven für die Blase (Ampulle) des hintern Bogengangs.
r Fäden des Gehörnerven, die sich über das Säckchen der größern Knochen von der Seite des Hirns hinziehen."

Fig. 35.

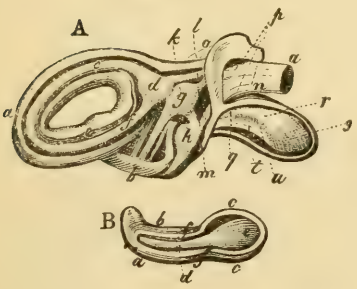


Fig. 35 A. „Das linke Labyrinth einer *Gans*.
a Der größere knöcherne Bogengang.
b Der kleinere knöcherne Bogengang.
c Der kleinste knöcherne Bogengang.
d Die Blase (Ampulle) des größern häutigen Bogengangs.
e Der Zylinder des häutigen Bogengangs.
f Das andere Ende eben dieses Bogengangs, welches sich in die Blase senkt.
g Die Blase des kleinsten häutigen Bogengangs.
h Die Blase des kleinern häutigen Bogengangs.
i Die Anastamosen des kleinern häutigen Bogengangs mit dem grössern.
k Ein Ast des weichen Gehörnerven für die Blase des grössern häutigen Bogengangs.
l Ein Ast des Gehörnerven für die Blase des kleinsten häutigen Bogengangs.
m Ein Ast des Gehörnerven für die Blase des kleinern häutigen Bogengangs.
n Der weiche Gehörnerv [i. e. acusticus).
o o Der harte Gehörnerv (i. e. facialis).
p Der Ursprung der drei Äste des Gehörnerven, die zu den Blasen treten.
q Der Nerv der Schnecke.
r Die erste Teilung des Nerven der Schnecke.
s Fäden vom Schneckennerven, die sich auf die Spitze des Knorpelkörperchens verteilen.
t Der untere Zylinder des Knorpelkörperchen.
u Die Furche zwischen den zwei Knorpelzylindern.
y Die Mündung des ovalen Fensters in dem Vorhof.
x Der Stamm des Gehörnerven."

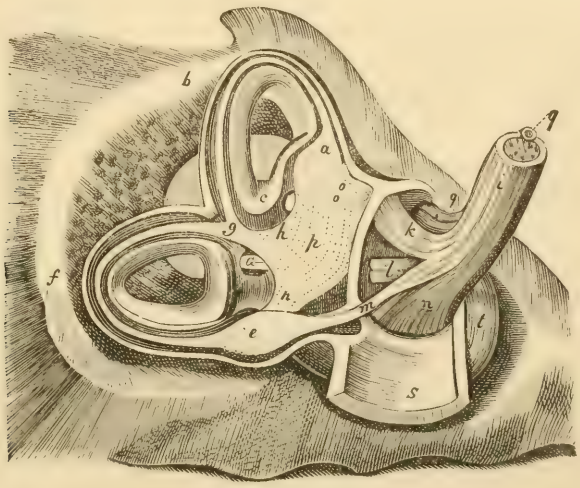
Fig. 35 B. „Stellt das Knorpelkörperchen der Schnecke vor.
a Der obere Knorpelzylinder.
b Der untere Knorpelzylinder.
c c Die Höhe des Knorpelkörperchens, an der Spitze geöffnet.
d Der Schneckennerv (wie in voriger Fig. r).
e Die Zerästelung des Schneckennerven in der auf der Spitze des Knorpelkörperchens befindlichen Vertiefung.
ff Die Stelle, wo die beiden Knorpelzylinder miteinander verwachsen."

Scarpa war es, der zum ersten Mal auf im Vorhofe und in den halbkreisförmigen Kanälen befindliche membranöse Schläuche und Säckchen hinwies, welche selbständige Gebilde und nicht etwa periostale Verlängerungen darstellten. Um dieselben zu erkennen, mufs man unter Zuhilfenahme von Vergröfserungsgläsern mit der gröfsten Vorsicht die Knochenteile zwischen den Fenstern sowie den Teil der ersten Schneckenwindung entfernen. Dasselbe läfst sich erreichen nach allmählicher und vorsichtiger Entfernung der Schnecke. Durch Druck auf das Säckchen, von welchem die drei membranösen Röhrchen mit kolbenförmigen Erweiterungen ausgehen, kann man die in denselben befindliche Flüssigkeit leicht weiterrücken lassen, wobei jedoch im zweiten davor liegenden

---

Fig. 36. „Die häutigen Bogenröhren, ihr gemeinschaftlicher Schlauch, der Hörnerv, wie er sich von der Seite der Schädelhöhle verteilt. Aus dem *Menschenohre*. Neunmal vergröfsert".

Fig. 36.



„*b* die *obere*, *d* die *äufsere*, *f* die *hintere* häutige Bogenröhre.
a, *c*, *e* die diesen Bogenröhren entsprechenden Bläschen (Ampullen).
g Der gemeinschaftliche Kanal der obern und hintern häutigen Bogenröhren.
hh Der gemeinschaftliche Schlauch der häutigen Bogenröhren.
i Der Stamm des Hörnerven.
k Der gröfsere Ast des Hörnerven.
l Fäden vom Hörnerven für das rundliche Säckchen des Vorhofs.
m Der kleinere Ast des Hörnerven.
n Fäden vom Hörnerven die zur Schnecke laufen.
oo Fäden vom Aste des grössern Hörnerven für die Bläschen der obern und äufsern Bogenröhre.
p Die nervige Bekleidung des gemeinschaftlichen Schlauchs.
qq Der Verbindungsnerv des Gesichts.
r Der Anfang des Spiralblatts der Schnecke.
s Der gemeinschaftliche Nervenkanal.
t Die Schnecke."

Säckchen keine Bewegung der Flüssigkeit zu bemerken ist. Hieraus schliefst Scarpa, dafs zwischen diesen Säckchen keine direkte Verbindung existiert. Bequemer wäre es, zu diesem Versuche dreimonatliche Embryonen zu benutzen, bei denen die membranösen Teile eine derartige Dicke besitzen, dafs ihr Lumen an Querschnitten klafft, während dasselbe bei Erwachsenen zusammenfällt. Diese membranösen Teile treten noch schärfer hervor, wenn man in dieselben eine blaue Flüssigkeit injiziert. Sie schwimmen nicht frei in der serösen Flüssigkeit, sondern sie sind vielmehr durch ein feines Bindegewebe mit dem Periost eng verbunden. Diese Gebilde stellen dasjenige vor, was Du Verney und Vieussens als „funiculi nervei," Valsalva als „complanatae zonae nerveae," und Cassebohm als „filamenta" ansah.

Scarpa entdeckte auch die Otolithen, oder besser, wies auf dieselben hin, indem er sagte, dafs sie von den membranösen Gebilden eingeschlossen wären; nur beim Menschen wären sie *nicht* vorhanden.

Aufserdem beschrieb er auf sehr ausführliche Weise den Verlauf und die Endigungen des N. acusticus, welcher weifsliche Knötchen in den Säckchen bildet und in der Schnecke in Fäden zerfiele, welche mit dem Vergröfserungsglase bis zum Beginn des membranösen Teils des Spiralplättchens verfolgt werden könnten. (Zinn wird nicht erwähnt).

Die Forschungen Scarpa's warfen ein neues Licht auf die Funktion des inneren Ohres. Sie zeigten nämlich, dafs die Schallschwingungen nicht direkt auf den Nerven, sondern nur auf dem Wege der mit Flüssigkeit angefüllten und von allen Seiten von Flüssigkeit umgebenen Säckchen übertragen würden. Nur in der Schnecke soll die Perception auf die schon früher bekannte Weise vor sich gehen; erstere ist für das *feine* Gehör unbedingt nötig (Verdac 1698). Im allgemeinen werden die Gehörempfindungen mit dem ganzen inneren Ohre wahrgenommen (Haller). Infolge des ziemlich gleichen Umfangs der Schnecke und der halbzirkelförmigen Kanäle mit dem Vorhofe ist das *menschliche* Ohr wahrscheinlich geeigneter, eine *harmonische* Zusammenstellung der Töne wahrzunehmen. Aufserdem nehmen am Hörakt auch die Schädelknochen teil. Die Luftschwingungen werden der pars pyramidalis oss temp. und den in demselben eingeschlossenen Bogengängen übertragen, welche den Schall verstärken und (Coiter, Morgagni) ihm die Richtung nach den Vorhofssäckchen geben. Die Nerven der Bogengänge werden leichter durch die Schallschwingungen in Bewegung versetzt, als diejenigen der Schnecke, weil die Stöfse des Steigbügels direkt auf erstere einwirken.

Nach Scarpa hat die Anatomie des Ohres eine lange Zeit hindurch keine nennenswerten Fortschritte zu verzeichnen. Alle folgenden Forschungen bestanden in der Hauptsache in einer Ausarbeitung der Einzelnheiten und in Beweisführungen von der Richtigkeit der neu ent-

deckten Thatsachen; auch suchte man, dieselben an verschiedenen Tieren zu konstatieren. Von Zeit zu Zeit war man bestrebt, die vorliegenden Beobachtungen auszunutzen, um die Funktionen der einzelnen Teile des Ohres zu erklären. Die ersten Versuche nach dieser Richtung hin dürften als wenig gelungen bezeichnet werden, da hierbei die früheren Hypothesen über das knöcherne Labyrinth nunmehr einfach auf die membranösen Gebilde übertragen wurden.

So behauptet denn Comparetti (1791)[60]), dafs die verschiedenartigen Formen des häutigen Labyrinths zur Perception der verschiedenen Töne vorgezeichnet sind. Mit den gröfsten Bogengängen wird der tonus gravis, mit den kleineren der tonus acutus, und mit den allerkleinsten der tonus magis acutus wahrgenommen. Wenn man annimmt, dafs die Töne von den drei Zahlen 2, 3, 5 hergeleitet werden, erhält man durch die Multiplikation derselben die Oktaven, sowie die verschiedensten harmonischen Kombinationen.

Da nun die Länge der Bogengänge 21, 24, 30 Lin. beträgt und da diese Zahlen Faktoren von 2, 3, 5 sind, so läfst es sich denken, dafs die Tonkombinationen der einen Kategorie hauptsächlich von irgend einem dieser Kanäle wahrgenommen werden. Der Saccus maior vestibuli nimmt mit seinen langen Fasern am Hörakt ebenfalls teil. — Die Schnecke, welche Comparetti „in quinque segmenta harmonica“ einteilt, enthält in diesen Abschnitten Fäden verschiedener Länge, deren gleichzeitige Schwingungen alle möglichen harmonischen Zusammenstellungen ergeben. Aufser den Schwingungen der von aufsen herkommenden Töne müssen diese Gebilde auch die Bewegungen der verschiedenartigsten Wellen, welche durch Reflexion der Labyrinthflüssigkeit von den Wänden des inneren Ohres bedingt werden, wahrnehmen. Auf diese Weise mufs der pulsus soni principialis, nachdem er den ihm zukommenden Teil des inneren Ohres gereizt hat, sowohl harmonische Töne als auch eine Reihe reflektierter von der Flüssigkeit herrührender Schwingungen hervorrufen. Eine derartige Anschauung der Funktionen des inneren Ohres steht im vollständigen Gegensatze zum Aphorisma Bekons, welches Comparetti am Anfang seiner Arbeit anführt: „Neque fingendum, aut excogitandum, sed inveniendum, quid Natura faciat aut ferat“. (Nov. Org. Lib. II. Aph. X).

Wilberg (1795)[61]), welcher jede Differenzierung für überflüfsig hält, stellt nichtsdestoweniger seine Vermutungen auf. Den Kanälen des inneren Ohres ist deswegen ein gewundenes Aussehen verliehen, damit die percipierende Fläche möglichst grofs sei und man die Erschütte-

---

[60]) COMPARETTI. Observationes anatomicae de aure interna comparata. Patavii. 1791 Cum tab. Viele Zeichnungen.

[61]) WILBERG. Versuch einer anatomisch-physiol.-patholog. Abhandlung über die Gehörwerkzeuge des Menschen. Jena 1795 §§ 169, 171, 176, 180.

rungen der Schädelknochen besser empfinden könnte. Von diesen nun werden die Erschütterungen weiter den flaschenförmigen Erweiterungen sowie dem gemeinschaftlichen Säckchen im Vorhofe übermittelt. Die Bewegungen der hier eingeschlossenen Flüssigkeit werden auf die Nervenmaterie oder der (nach den damaligen Anschauungen) vom Gehirn ausgeschiedenen Flüssigkeit übertragen.

Cuvier[63]) zog seine Schlüsse auf Grund von vergleichend-anatomischen Thatsachen. Der eigentliche Teil des Gehörorgans wird durch Nervenfäden dargestellt, welche in einer Flüssigkeit schwämmen und leicht in Schwingungen versetzt würden. Alle übrigen Teile sind zur Ver-

---

[62]) Alex Monro (1797). Three treatises on the brain, the eye and the ear. Illustrated by tables. Edinburgh p. 177. Observations on the organ of Hearing in man and other animals.

Monro bemühte sich, möglichst genau die Ohrhöhlen zu beschreiben, welche er zu diesem Zweck mit Metall (mit welchem?) ausfüllte. Sein Abdruck der Schnecke gibt an Schönheit den Bezoldschen (1882) Präparaten in nichts nach. Aufserdem stellte er die Ausbreitung der Acusticusfasern in der Lamina ossea dar.

[63]) Leçons d'anatomie comparée. 5 Vol. Rec. par Duméril. Paris 1800—1805. T. II. Les organes des sensations. p. 446. De l'organe de l'ouie ou de l'oreille.

a) In den Gehörgang v. Cetacea kann man kaum eine Stecknadel einführen.

b) Beim Maulwurf ist die M. tympani beinahe parallel zur Schädelbasis.

c) Die Hohlräume des Ohres sind bei den nächtlichen Raubtieren, vorzüglich bei der Eule entwickelt. Bei der Schleiereule kommunizieren sie mit einander im Occipitalgebiet und an der Basis des Schädels, wo sich auch die Schnecke befindet. Kleiner sind diese Hohlräume bei den übrigen Raubtieren. Am kleinsten beim Kasuar und beim Straufs, und ziemlich klein beim Caprimulgus europaeus (Ziegenmelker), welcher ein sehr feines Gehör hat.

d) Gröfse und Gestalt der Fenster:

	Fen. ovalis	Fen. rotunda
Mensch, Affe	etwas grösser als die	
Fledermaus		gröfser
Maulwurf	beide gleich grofs	
Murmeltier	rund	dreieckig
Zibethtier		zweimal gröfser
Hase	rund	kleiner vertikaler Schlitz
Meerschweinchen	fast gleich grofs und nach oben gewandt	
Wiederkäuer	beide oval	
Kalb		zweimal gröfser
Schwein		zweimal gröfser und nahe
Hippopotamus		dreimal gröfser
Elephant		sehr klein, unregelmäfsig
Einhufer		gröfser.
Cetacea		gröfser.

Das ovale Fenster ist bei vielen Säugetieren von einem knöchernen Querbälkchen, welches stets ein Gefäfs einschliefst, verschlossen.

Die Bogengänge sind bei den Nachtraubtieren am gröfsten. Die Schnecke tritt bei allen Nagetieren mehr oder weniger stark in das Cavum tympani hervor, hauptsächlich aber bei der Cavia cobaya (Meerschweinchen) und bei der Cavia Capybura. Sie tritt leicht beim Elephanten und stark beim Stachelschwein hervor.

stärkung oder zur Modifikation des Schalls von grofser Wichtigkeit (Parent). Fast alle *schwachen* oder *nächtlichen* Tiere zeichnen sich durch grofse Ohrmuscheln aus, wodurch ihr Gehör besonders fein wird, so z. B. von den schwachen Tieren: Die Antilope, der Hirsch, der Esel, der Hase, einige kleine Nagetiere, ganz besonders aber die Fledermaus (Vespertilio auritus), — deren Ohrmuschelgröfse der Körpergröfse des Tieres gleich ist.

Die Gröfse des äufseren Gehörgangs und des Trommelfells ist grofsen Variationen unterworfen. Je gröfser das Trommelfell und je mehr es gegen den meat. auditorius extern. hin geneigt ist, desto besser hört auch das Tier. In letzterem Fall übt selbst das Fehlen der Ohrmuscheln keinen Einfluſs auf die Feinheit des Gehörs aus.

Die das Ohr umgebenden Hohlräume dienen zur *Verstärkung* des Schalls: „Ces cavités, fermées de lames osseuses, minces et élastiques, sont sans doute très-sonores, et renforcent beauconp l'action du son sur le labyrinthe, qu'elles entourent de toutes parts".

Eine derartige Schlufsfolgerung hat, da sie auf keinem einzigen Versuch begründet ist, keinen Wert und somit steht hinsichtlich dieses Punktes Cuvier auf gleicher Stufe mit Ingrassias.

Ferner müfste man zugeben (warum?), dafs auch die Gröfse und die Lage der Fenster nicht ohne Einfluſs auf das Gehör ist. Die Fen. ovalis, deren Lage nach hinten, nach den Hohlräumen zu gerichtet ist, nimmt „les sons produits par la résonnance de cette chambre postérieur de la caisse" wahr; dies ist hauptsächlich bei den Raubtieren der Fall (bei der Katze, dem Löwen u. a.).

Einige Arbeiten, welche um diese Zeit erschienen, betrafen die Funktionen der Eustachischen Tube. Neue Beobachtungen wurden nicht angestellt; es wurde vielmehr darum gestritten, ob die Eustachische Trompete nur zur Ventilation der Paukenhöhle dient, oder ob sie auch zur Schallleitung bestimmt ist. Hierbei hatte man gänzlich aus dem Auge verloren, dafs diese Frage schon früher durch Schelhammer (1684) dahin entschieden worden war, dafs die Tube zum Abfluſs von Sekreten und zur Erneuerung der Luft diene. Um diesen Ausspruch zu beweisen, hatte sich Schelhammer einer dröhnenden Gabel (furca, qua ad cibos

---

Bei der roten amerikanischen Fledermaus (Vespertilio leporinus) bildet die Schnecke eine Hervorbuchtung in die Schädelhöhle.

	Schnecke	Bogengänge
Fledermaus	ist an Umfang gröfser als die	
Schwein	gröfser	
Maulwurf	klein	
Hase	kleiner als b. Menschen	
Wiederkäuer	fast so grofs wie b. Menschen.	
Cavia	$3^1/_2$ Windungen	
Cetacea	sehr grofs ($1^1/_2$ Windungen).	

utimur) bedient, welche er abwechselnd bald auf die Weichteile des Mundes (auf die Zunge), welche weder Schall noch das Dröhnen der Gabel leitete, bald auf harte Stellen des Schädels setzte, welche ein positives Resultat gaben. Buffon (1769), Perolle (1783), Köllner (1799) und andere bedienten sich zu demselben Zweck einer kleinen Uhr, deren Ticken nicht mehr gehört wurde, sobald sie dieselbe auf die Zunge auf eine Weise legten, dafs sie die Zähne nicht berührte.

Um diese Zeit wies Venturi auf eine Eigentümlichkeit des Gehörorgans hin (1802)[64]). Er stellte eine Reihe von Versuchen auf einer offenen Ebene an, auf welcher weder Gebäude noch Bäume vorhanden waren, und machte hierbei die Entdeckung, dafs man, bei zugebundenen Augen, nicht immer die *Richtung*, aus welcher der Schall käme, bestimmen könne. Wenn man bei einem Individuum mit verbundenen Augen ein Ohr verstopft und aus einer Flöte Töne aus einer Entfernung von 40—50 Metern hervorbringt, so wird es demselben stets, gleichviel, wo der Spielende sich auch befinden möge, scheinen, als ob der Ton von der Seite des offenen Ohres käme. Bei beiderseits offenen Ohren und vollständiger Unbeweglichkeit des Kopfes ist es schwer die Richtung des Tones zu bestimmen, wenn der Spielende sich *vor* oder *hinter* dem zu Untersuchenden befindet. Sobald aber der Kopf von letzterem nur leicht gedreht wird, ist die Beurteilung der Schallrichtung eine leichtere. *Es wird daher die Schallrichtung mit den Ohren nur in dem Falle bestimmt, wenn ein und derselbe Ton verschieden stark beide Ohren trifft.* Aus diesem Grunde können einseitig Taube, ohne den Kopf zu drehen, nur mit Mühe die Schallrichtung bestimmen.

Autenrieth (1802)[65]) kam um dieselbe Zeit zwar zu einer ähnlichen Schlufsfolgerung, er that jedoch in der Erklärung dieser Erscheinung einen weiteren Schritt. Von der Thatsache ausgehend, dafs die halbkreisförmigen Kanäle nach den drei Raumdimensionen verteilt sind, gelangt er zu der Schlufsfolgerung, dafs dieselben zur Bestimmung der Schallrichtung dienen. Dafs wir die Richtung nicht bei allen Kopfstellungen gleich gut erkennen können, hat seinen Grund daher, dafs die Bogengänge von ungleicher Gröfse und nicht vollständig zu einander parallel gestellt sind, wodurch einer von ihnen durch den Schall stets stärker getroffen wird als ein anderer. Weil die Bogengänge nicht parallel sind, nehmen wir die Töne aus allen möglichen Richtungen wahr; die Schallwellen treffen stets irgend einen Bogengang vertikal zu dessen Längsachse. Da wir am allerseltensten den Schall von unten wahrnehmen, so ist deswegen auch der horizontale Bogen beim Menschen am wenigsten entwickelt. Bei den Vögeln, hauptsächlich aber bei den Nachtvögeln, für die

---

[64]) Betrachtungen über die Erkenntnis der Entfernung, die wir durch das Werkzeug des Gehörs erhalten. Reils Archiv. Bd. V. p. 383.

[65]) Handb. d. empirischen menschlichen Physiologie. Der 3. T. Tübingen. § 1003.

es ihrer Nahrung wegen von grofser Wichtigkeit ist, die Schallrichtung zu bestimmen, sind die Kanäle bedeutend gröfser als bei den Säugetieren. — Bei den Fischen wird der Mangel einer Schnecke auch durch die mangelnde Fähigkeit, verschiedene Töne von sich zu geben, erklärlich. Beim Hasen, welcher bei jedem Geräusch davonläuft, sind die Bogengänge im Verhältnis zu seiner Schnecke stärker entwickelt. Ein umgekehrtes Verhältnis läfst sich bei den Raubtieren konstatieren, ebenso auch bei den grofsen und starken Tieren (wie beim Pferde, beim Walfisch, dem Elefanten u. a.).

Dafs wir im normalen Zustande nicht doppelt hören, läfst sich dadurch erklären, dafs der Schall stets ein Ohr stärker reizt.

Noch detaillierter sind die Erklärungen der Funktion des Ohres von Autenrieth und Kerner (1809)[66]). Die Arbeit dieser beiden Forscher bietet trotz vieler in ihr befindlichen Irrtümer insofern Bemerkenswertes, als von denselben zum ersten Male versucht wird, die Funktion der einzelnen Teile des Ohres *systematisch* zu bestimmen; Autenrieth und Kerner begnügten sich nämlich nicht blos mit vergleichend-anatomischen Thatsachen, sondern sie versuchen auch, ihre Schlufsfolgerungen *experimentell* zu beweisen. Sie experimentierten auch methodisch. Die Versuche wurden an einer ganzen Reihe von Tieren ausgeführt: an Hunden verschiedener Race, Katzen, Pferden, Kühen, Igeln, Schweinen, Schafen, Mäusen, Kaninchen, Maulwürfen und Fledermäusen. Die beiden Autoren suchten zu bestimmen, auf welche Weise die Tiere auf Töne verschiedener Höhe und auf verschiedene Musikinstrumente wohl reagieren möchten. Hier konnten sie, wenn auch sehr unbeständige, so doch immerhin einige Zeichen finden, an denen man die Gehörsempfindung des Tieres beurteilen kann. Die Töne wurden bei diesen Versuchen aus folgenden Instrumenten hervorgebracht: aus dem Kontrabafs, der Geige, dem Fagott, der Flöte, der Mandoline, der Trommel, der Leier; um sehr hohe Töne zu erhalten, wurde mit nassen Fingern an dem Rande von Gläsern gerieben.

Sie kamen nun zu folgenden Schlufsfolgerungen:

1. Die elliptische Form des Trommelfells der fleischfressenden Tiere nimmt besser die hohen Töne wahr.

Die *Katze* (Längsdurchmesser: kurzen Durchmesser des Trommelfells = 10,0 : 6,0) konnte man durch tiefe Töne entweder gar nicht, oder nur mit Mühe aufwecken, das Tier wurde aber gleich wach bei schwach gespielten hohen Tönen.

Hunde (10 : 4) verschiedener Race verblieben ruhig bei niedrigen Tönen, sie berochen hierbei sogar das betreffende Instrument; hohe

---

[66]) Beobachtungen über die Funktionen einzelner Teile des Gehörs. Reils Archiv Bd. IX. S. 313.
Hinsichtlich der übrigen Teile folgen sie den Ansichten ihrer Vorgänger.

Töne dagegen riefen bei ihnen ein furchtbares Geheul, Krampfanfälle, Zuckungen und Werfen mit dem Kopfe hervor.

Der *Igel* (10:5) lief bei hohen Tönen nachts davon; auch die *Maus* wurde durch dieselben stark beunruhigt.

Das *Schwein* (bei diesem ist das Trommelfell beinahe rund) hört bei tiefen, wie auch hohen Tönen aufmerksam zu.

Die Grasfresser reagieren nicht ebenso merklich auf den Ton.

Die *Kuh* und das *Pferd* richten die Ohren auf oder heben den Kopf bei einem Ton. Bei hohen Tönen verhalten sie sich aufmerksam.

Das *Schaf* (10:4) wird nur bei tiefen Tönen unruhig.

Das *Kaninchen* (10:6) läuft bei sehr hohen Tönen davon.

2. Die Bulla ossea ist nicht ohne Einfluſs. Je glätter und gröſser sie ist, um so empfindlicher ist das Tier auf hohe Noten.

3. Die Gröſse der Fenster bedingt das Gefühl sei es einer angenehmen oder einer unangenehmen Einwirkung irgend eines Tones.

4. Der Vorhof, welcher unmittelbar die Schwingungen von den Gehörknöchelchen empfängt, gibt uns die Vorstellung von der *Stärke* und *Höhe* des Tones.*)

5. Die Bogengänge scheinen durch ihre Lage angewiesen zu sein, den Ort der Herkunft des Schalls zu bestimmen. Die Schwingungen der Schädelknochen werden auch mit den Bogengängen wahrgenommen. Der unvollständige Parallelismus der Bogengänge gibt die Möglichkeit den Schall aus allen möglichen Richtungen wahrnehmen (Versuche wie im J. 1802) zu können.

6. Die Schnecke ist zur Bestimmung der Klangfarbe (timbre) des betreffenden Tones unbedingt notwendig. Diese ihre Fähigkeit steht wahrscheinlich mit der kreisförmigen Bewegung der Schallwellen in den Schneckenwindungen im Zusammenhang. Diese Schluſsfolgerung stützt sich auf die Beobachtung, daſs manche Tiere, deren Schnecke ausgiebig entwickelt und ziemlich lang ist, den Klang der Musikinstrumente unterscheiden können, was sie durch Zeichen des Wohlbehagens oder der Miſsstimmung kund geben.

Die Einwendungen, welche gegen die Untersuchungen Autenrieths und Körners gemacht wurden, basierten in der Hauptsache auf Ver-

---

*) Erwiderung von LINCKE (1837) S. 521.

„AUTENRIETH u. KÖRNER halten es für wahrscheinlich, daſs mittelst des Vorhofs die unmittelbaren Einwirkungen des äuſseren Schalles, seiner Höhe und Stärke vorzüglich zum Bewuſstsein gebracht werden. Diese Meinungen streiten indessen gegen ausgemachte Gesetze der Fortleitung des Schalls, und beruhen auf einer Verwechselung der Bedingungen, welche den schon gebildeten Ton fortleiten. Jeder einmal gebildete Ton wird mit allen seinen Eigentümlichkeiten durch jeden Körper ungeändert fortgeführt. Jeder Schall wird überall im Labyrinth, wo ein Nerv ist (?), mit allen Nuancen empfunden.

mutungen. So behauptet Treviranus (1822) [67]), dafs die Musik bei der Mehrzahl der Tiere ein unangenehmes Gefühl hervorrufe, und dafs nur einige Noten oder nur eine kleine Reihe von Tönen ihnen wahrscheinlich das Gefühl des Genusses verschafft, während gerade dieselben Töne für unser Ohr unausstehlich sind; man möge z. B. daran denken, dafs ein Katzenkonzert während des Paarens dieser Tiere für uns nicht besonders angenehm ist, während es bei den Tieren selbst eine entgegengesetzte Wirkung hervorruft. Aufserdem sei es möglich, ja sogar höchst wahrscheinlich, dafs manche Tiere solche Töne zu hören vermögen, welche unseren Ohren unzugänglich sind. Daher wäre es eine ziemlich riskante Sache, auf Grund des jeweiligen Verhaltens des Tieres bei verschiedenen Tönen einen Schlufs auf dessen Ohrfunktionen zu ziehen; auf grund vorliegender Versuche läfst es sich nur sagen, dafs ein Ton auf ein Tier auf *angenehme,* während ein anderer Ton auf dasselbe auf eine *unangenehme* Weise wirkt — und auch dies nur bedingungsweise.

Was nun die Verschiedenartigkeit der Form des inneren Ohres anbelangt, so wäre es wahrscheinlich, dafs dieselbe eher durch den Ort, welchen das Organ einnimmt, als durch die Verschiedenheit der einzelnen Funktionen bedingt wird: die Natur hat eben gesucht, das ganze innere Ohr in einem möglichst kleinen Raum unterzubringen (Coiter). Treviranus denkt, dafs die halbkreisförmigen Kanäle die Töne im allgemeinen wahrnehmen, während die Schnecke nur ihre Modifikationen empfinde. Unter dem Einflufs des Druckes des Steigbügels, welcher auf die Labyrinthflüssigkeit wirkt, werden die Nerven des Vorhofs und der Bogengänge „in Spannung“ versetzt, wodurch ihre Empfänglichkeit für „hörbare Eindrücke“ erheblich erhöht wird. Eine analoge Erscheinung fände man an der Zunge: ihre Papillen, in denen die Nerven sich ausbreiten, brauchten nur geschwollen zu sein, damit die letzteren in einen Spannungszustand versetzt würden und einen höheren Grad der Reizung erreichten. (Wie wenig bedarf es doch, um eine Hypothese zu gründen!)

Wenn wir nun aus dem vorliegenden historischen Überblick einen Schlufs ziehen, so sehen wir, dafs die Ansichten und Hypothesen hinsichtlich der Funktionen der einzelnen Teile des Ohres in der eben beschriebenen Zeitperiode hauptsächlich auf anatomischen Daten beruhten, deren Glaubwürdigkeit jedoch sehr oft infolge der Unsicherheit des Verfahrens bei der Untersuchung derselben fraglich erschien. So war z. B. der Parallelismus von Nervensaiten in der Schnecke durch niemanden jemals mit Sicherheit bewiesen worden. Seine Existenz war vielmehr auf Grund der Beobachtung anerkannt worden, dafs der Nerv

---

[67]) Treviranus; Biologie oder Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher u. Ärzte. Bd. VI. 2. Abt. p. 325. Das Gehör.

sich am Spiralblättchen ausbreite. Dies hatte nun zur Aufstellung einer ganz originellen Hypothese geführt.

Trotzdem hatte man auf dem Wege der vergleichenden Anatomie die Thatsache feststellen können, dafs eine grofse Klasse von Tieren ohne Schnecke hört.

Das Verlangen nach der Erklärung der Funktion der einzelnen Teile des Ohres, ohne dafs man in Wirklichkeit über eine genügende Anzahl von Beobachtungen verfügen konnte, mufste unvermeidlich dazu führen, dafs man den Weg der Thatsachen und der Experimente verliefs und seine Zuflucht zu Analogien und logischen Schlufsfolgerungen zu nehmen versuchte. Die einen hielten per exclusionem vorgehend, die Schneckenkuppe für den Ort des Hörens, die anderen wollten rein physikalische, für unbelebte Gegenstände giltige Gesetze auf das Ohr übertragen und so eine Erklärung für die Funktionen der einzelnen Teile desselben finden. Die Gesetze der Luftschwingungen in Röhren wurden auf jene Teile des Ohres angewandt, welche durch ihre Form an Blasinstrumente erinnerten. Es kam sogar dazu, dafs der Hörnerv und die Labyrinthflüssigkeit mit einer Voltaschen Säule verglichen wurde (Walter 1808). Vorsichtigere zogen es daher vor, den Ort des Hörens gar nicht zu lokalisieren, wodurch allerdings der Sache selbst nicht geholfen wurde.

Die Fortschritte, welche die Akustik gegen das Ende des XVIII. und am Anfang des XIX. Jahrhunderts aufzuweisen hatte, verblieben nicht ohne Einfluſs auf die Physiologie des Ohres. So bediente sich Savart (1824) der Entdeckung der Chladnischen Figuren, um die Schwingungen des Trommelfells zu studieren.

Dafs die Hypothese, nach welcher die Trommelfellspannung durch Muskelzug bei jedem Ton verändert wird, unhaltbar ist, liegt auf der Hand. Wie sollte sich da der musculus Tensor. tympani z. B. bei einem Akkord verhalten? — Savart hatte, um den Einfluſs der Schallschwingungen auf eine gespannte Membran näher zu untersuchen, folgenden Versuch ausgeführt. Er spannte Stücke von papier végétal (von 2—3 cm im Durchmesser) auf eine Glasöffnung und fand, dafs, der Sand mit welchem die so hergestellte Membran (welche aufserdem an zwei peripheren und einer centralen Stelle fixiert wurde) bestreut worden war, bei jedem neuen Klang eine andere Chladnische Figur bildete.

Eine tönende Platte, parallel zur Papiermembran gehalten, bedingt hauptsächlich eine konzentrische, manchmal auch an dem Durchmesser sich kreuzende Verteilung des Sandes. Eine vertikale Stellung der Platte ruft eine tangentiale Verteilung der Sandkörner hervor, deren

---

[68]) SAVART. Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe. Pl. I. 29 Avril. Journal de Physiol. T. IV. 1824. p. 183.

eines sich stets unter dem tönenden Körper befindet. Durch eine geneigte Stellung der Platte gegen die Membran können wir alle möglichen Übergangsformen beobachten. Alles dies wird auch bei einer Entfernung der Platte auf einige Meter, wenn nur die Membran genügend dünn ist, beobachtet. Die Verschiedenheit der Figuren hängt auch von der Dicke der Membran und von ihrem Feuchtigkeitsgrade ab.

Diesen Versuch übertrug Savart auch auf das Trommelfell, nachdem er den knöchernen Teil des äufseren Gehörgangs weggesägt hatte. Auf das so entblöfste Trommelfell streute er feinen Sand auf. Derselbe zeigte nun bei gleichviel welchen Tönen *keinerlei* Bewegung. Wurde aber die Paukenhöhle eröffnet und der Tensor tympani zum Erschlaffen gebracht, so bemerkte man, dafs der Sand bei jedem Ton auf- und absprang; es bedurfte nur eines an dem M. tensor tympani ausgeführten Zugs, damit die Erscheinung wieder aufhörte. Aus diesem Versuche ging nun hervor, dafs *durch gröfsere Anspannung des Trommelfells die Stärke seiner Schwingungen abnimmt.*

Dank einer solchen Einrichtung ist das Ohr vor der Einwirkung starker Töne geschützt. Dies läfst sich ganz besonders gut an dem Trommelfell des Rindes beobachten. Mit dem fortschreitenden Austrocknen der Membran springen die Sandkörner bei den Klängen immer schwächer, bis schliefslich alle Bewegung aufhört.*)

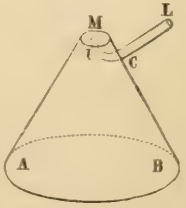
Dafs die äufseren Teile des Ohres zur Verstärkung des Schalles dienen, läfst sich leicht durch folgenden Versuch beweisen. Man nehme ein konisch sich verjüngendes Rohr, an dessen stumpfem Ende eine Membran ausgespannt ist und stelle es so, dafs die breite Öffnung nach unten, die Membran nach oben zu liegen komme, streut man auf letztere

---

*) Um den Einfluſs der Spannung des Trommelfells auf die Vibrationsfähigkeit zu studieren, konstruierte SAVART folgenden Apparat. Fig. 37.

p. 204. „Pour cela, il suffit de former, avec du carton, un tuyau conique, dont le sommet soit tronqué et muni d'une petite membrane M, qu'on peut tendre à volonté au moyen d'un petit levier courbé Ll, qui traverse la parvoi du tuyau, où il trouve son point d'appui en C, et dont l'une des extrémités va toucher le centre de la face interne de la membrane; tandis que l'autre extrémité, placée hors du tuyau, peut être abaissée ou élevée, selon qu'on désire que la membrane soit livrée à sa propre tension, ou que cette tension croisse graduellement. Ce levier doit être considéré comme produisant un effet analogue à celui que produit le manche du marteau, lorsque les muscles qui s'insèrent à ce petit os agissent sur lui. Eh bien! si l'on recouvre avec du sable la petite lame qui tient lieu de la membrane du tympan, l'on observe qu'il devient d'autant plus difficile d'y exciter, par l'influence d'un corps sonore, des mouvements appréciables, qu'elle se trouve plus tendue; et qu'au contraire, quand on l'abandonne à elle-même, ses mouvements deviennent tellement forts que les grains de sable peuvent être lancés trois ou quatre centimètres de hauteur, même quand elle n'aurait qu'un centimètre de diamètre.“

Fig. 37.



den Sand, so wird man, wenn die tönende Platte sich über der Membran befindet, nur eine geringe Bewegung des Sandes wahrnehmen. Derselbe wird aber sofort in einer Höhe von 3—4 cm aufspringen, wenn die Platte vor der trichterförmigen Öffnung gehalten wird. Hält man nun ein ähnliches trichterförmiges Rohr über der Membran des ersteren, so zwar, dafs das schmale Ende sich oben befindet und das Rohr die Membran nicht berührt, so werden die Bewegungen der Membran

---

Den Einfluſs des Hammers auf die Vibrationen des Trommelfells kann man an folgendem Apparat studieren.

p. 211. „Si l'on fixe sur une membrane tendue une petite verge de bois configurée comme AB, de manière qu'elle s'étende depuis le centre de la membrane jusqu' à sa circonférence, et même au delà, ou pourra voir, en approchant de cet appareil un corps en vibration, que la membrane produit des figures très régulières, mais qui sont modifiées par la présence de la petite verge, et ce qu'il est important de remarquer, c'est que les vibrations de la membrane deviennent pour la verge une cause d'ebranlement assez énergique pour la faire osciller avec beaucoup de force, et lui faire produire à elle-même des figures très régulières. L'on peut arriver à des résultats de communication de mouvement encore plus prononcés en configurant la verge de manière qu'elle soit très amincie sur ses, bords, comme ou le voit en CD par ce qu' alors elle se confond, pour ainsi dire, avec la membrane, qui ne peut pas osciller sans que le mouvement ne se commu-

Fig. 38.

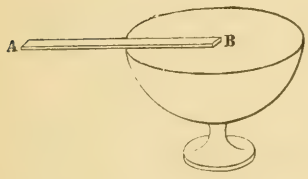


Fig. 39.

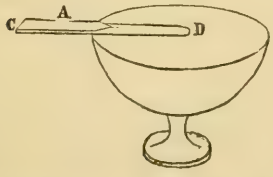
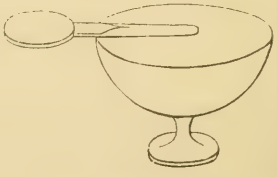


Fig. 40.



nique d'abord à ces parties les plus amincies, dont les oscillations deviennent ensuite une cause énergique d'ébranlement pour les portions les plus épaisses, comme on peut le vérifier en versant du sable sur la partie A de la verge: on observe qu'il s'y produit des lignes nodales très distinctes; on peut même coller en A un disque assez épais et d'un diamètre assez considerable: il vibrera aussi avec la plus grande facilité.“ Il paraîtrait donc, d'après cela, que le marteau remplit à la fois deux fonctions distinctes: l'une, de modifier, au moyen de ses muscles, la tension de la membrane, afin de préserver l'organe des impressions trop fortes, et de le disposer convenablement pour recevoir les impressions les plus faibles; et l'autre de partager les mouvements de la membrane et de les communiquer à d'autres parties. —

p. 214. In den Artikulationsverbindungen der Gehörknöchelchen unter einander und in der fenestra rotunda sieht Savart Schutzvorrichtungen. Die Rolle der Membran des runden Fensters kann man auf folgende Weise veranschaulichen.

„La base de l'étrier, en appuyant sur la membrane de la fenêtre ovale, doit comprimer le fluide, quel qu'il soit, qui se trouve dans le labyrinthe, et par consé-

schwächer, weil jedenfalls ein Teil der Schallwellen an den Wänden des konischen Rohrs sich ausbreitet. Es ist demnach wohl Grund anzunehmen, dafs dasselbe auch im Ohre stattfindet. Wenn man nun die Ohrmuschel durch ein in einem Winkel zur Membran gestelltes Papierstück nachahmt, so wird man auch an diesem Schwingungen bemerken, welche auf die Membran übergehen. Der gröfseren Anschaulichkeit halber kann man an die Membran ein den Hammer vorstellendes Holzstückchen kleben.

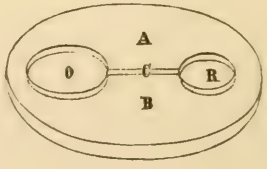
Mit Zugrundelegung der angeführten Versuche kann man zu dem Schlusse gelangen, dafs die Zahl der Töne, welche wahrgenommen werden können, von der Gröfse des Trommelfells abhängt; dafs ein grofses Trommelfell tiefe Töne vermittelt und eine Menge hoher Noten zum Bewufstsein zu bringen nicht im Stande ist, während ein kleines Trommelfell im umgekehrten Sinne funktioniert.

So schien denn die Frage von den Trommelfellschwingungen durch die Versuche Savarts endlich entschieden zu sein.

---

quent ce fluide doit presser les parties molles, et notamment la membrane de la fenêtre ronde, ce qui doit diminuer l'amplitude de leurs excursions, comme on peut le vérifier avec le petit appareil représenté dans la fig. 41. Il est composé d'une lame de bois assez épaisse AB, présentant en R et en O deux cavités communiquant ensemble par leur fond au moyen d'un petit canal C, et fermées chacune par une membrane mince, telle que de la baudruche. Par cette disposition, l'air contenu dans ces deux cavités peut se répandre facilement de l'une dans l'autre, et il s'y trouve toujours au même degré de tension elastique. Si donc on approche de cet appareil un corps en vibration, la membrane R ayant été préalablement recouverte de sable, on pourra voir qu'elle entre en mouvement et qu'elle lance les grains de sable avec beaucoup de force. Après avoir remarqué l'intensité de ce mouvement, si l'on pose le doigt sur la membrane O, de manière à la rendre légèrement concave, d'abord ou pourra remarquer que la membrane R devient légèrement convexe, et ensuite les grains de sable sont bien moins agités que quand l'air contenu dans l'appareil n'était pas comprimé, et qu'ils le sont d'autant moins fort qu'on presse davantage en O, et que R devient plus tendue. —

Fig. 41.



Das Vorhandensein des Cavum tympani ist notwendig, um eine gleichmäfsige Temperatur zu erhalten. Beim unmittelbaren Anliegen des Trommelfells an dem Labyrinth würden die Gehörseindrücke mit dem Temperaturwechsel und dem Feuchtigkeitsgrade immer variieren. —

Savart gelangt zu dem Schlusse, dafs die Perceptionsgrenze tiefer und hoher Töne in causalem Zusammenhange mit der Gröfse, Dicke, Elasticität und dem Spannungsgrade des Trommelfells steht. „Ainsi, il paraît naturel de présumer que les animaux qui ont la membrane du tympan beaucoup plus étendue que celle de l'homme entendent des sons beaucoup plus graves que ceux qui résultent d'environ trente vibrations par seconde, et, au contraire, qu'il doit y avoir des animaux qui n'entendent que des sons très aigus. —

Einige Zeit danach wies Flourens (1824)[69]) auf eine grofse Reihe aufserordentlich wichtiger Thatsachen hin, welche den fundamentalen Eckpfeiler für alle zukünftigen Forschungen der Funktionen des inneren Ohres bildeten und auch einigen früheren Hypothesen eine gröfsere Wahrscheinlichkeit verliehen. Flourens bediente sich hierbei einer möglichst sicheren experimentellen Methode, indem er die einzelnen Organe isoliert zu zerstören oder zu verletzen suchte. So schnitt er die Bogengänge durch und fand, dafs hierbei seltsame Erscheinungen von Gleichgewichtsstörungen auftraten. Er beschrieb seine Versuche so erschöpfend, dafs den späteren Forschern nicht viel hinzuzufügen übrig blieb. Ihre Aufgabe bestand vielmehr darin, mehr oder weniger wahrscheinliche Erklärungen für diese Erscheinungen zu finden.

Der Grad der Bewegungsstörung hängt, abgesehen von der Tiergattung, auch vollständig von der Zahl der durchgeschnittenen Kanäle ab. Je mehr Bogengänge verletzt wurden und je intensiver die Versuche des Tieres, sich zu bewegen, waren, um so bedeutender trat die Gleichgewichtsstörung bei demselben auf:

Versuche an der Taube:

1. Die Durchschneidung des horizontalen Bogengangs war von einem starken Schmerz (douleur aigüe) und von Kopfbewegungen in der Horizontalebene von rechts nach links und von links nach rechts begleitet. Diese Bewegungen dauerten jedoch nicht fortwährend an, sie traten vielmehr bei dem geringsten Versuche, eine aktive Bewegung auszuführen, auf. So lange das Tier unbeweglich safs, bemerkte man keine Gleichgewichtsstörung. Die normalen Bewegungen wurden infolge der sofort eintretenden Kopfdrehungen dem Tiere vollständig unmöglich; später gingen diese Drehbewegungen auch auf den ganzen Körper über mit fast vollständigem Verlust des Gleichgewichtssinns. Manchmal drehte sich die Taube um und, vollständig das Gleichgewicht verlierend, wälzte sie sich umher und drehte sich um die eigene Längsachse, ohne im stande zu sein, sich zu erheben. Dies wurde meist nach Verletzung beider Horizontalkanäle beobachtet. Bei alledem sah das Versuchstier, es hörte und behielt aller Wahrscheinlichkeit nach alle seine intellektuellen Fähigkeiten.

Die Ähnlichkeit dieser Erscheinungen mit denjenigen, welche bei der Verletzung des Kleinhirns beobachtet werden, veranlafste Flourens eine Reihe kontrolierender Versuche anzustellen, um mit Sicherheit konstatieren zu können, dafs die beschriebenen Erscheinungen auch ohne Verletzung des Kleinhirns auftraten.

Vielleicht hingen diese Symptome mit der Durchschneidung einer

---

[69]) Flourens, mémoires présentés à l'Académie royale des sciences. 27 Dez. 1824. Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Seconde édition. 1842. Paris. Chap. XXVII, XXVIII, XXIX p. 438.

kleinen an der Aufsenseite des Bogengangs befindlichen Arterie, welche die benachbarten Teile, das Kleinhirn oder das verlängerte Mark versorgt, zusammen? Die Durchschneidung mit sorgfältigster Vermeidung besagter Arterie jedoch führte zu denselben Resultaten.

Die operierten Tiere blieben leben; sie konnten sich, wenn auch mit Mühe, selbst ernähren.

2. *Durchschneidung des linken unteren vertikalen Kanals an der Stelle, welche über dem horizontalen Kanal sich befindet.* Sofortiges Auftreten starker Kopfbewegungen von unten nach oben und von oben nach unten, welche einen Augenblick andauerten. Das Tier hielt sich auf den Füfsen, es ging herum und flog auf normale Weise. Nur wenn man es schüttelte (secousse), warf es den Kopf so stark von vorn nach hinten, dafs es manchmal auf den Rücken hintenüberfiel. Alle diese Erscheinungen vergingen nach einiger Zeit.

Die Verletzung des gleichen Bogengangs rechterseits verursachte analoge Erscheinungen, aber in einem schon viel höheren Grade. Die vertikale Kopfbewegung wiederholte sich fast unaufhörlich. Im Zustande der Ruhe behielt das Tier sein Gleichgewicht, indem es mit dem Kopfe sich am Boden aufstützte, und denselben öfters mit dem Scheitel berührte. Es konnte weder laufen, noch fliegen, und fiel, in die Höhe geworfen, wie eine leblose Masse herunter. Es drehte sich niemals um seine Achse herum, wie nach Verletzung des horizontalen Bogengangs, hingegen *schlug* es gegen seinen Willen auf den *Rücken um*, indem es sich *hierbei* mit dem Schwanze aufstützte. Es lebte nach dem Eingriff ungefähr noch ein Jahr, es konnte von selbst fressen, aber mit Anstrengung und enthielt sich aller anderen Bewegungen. — Ganz dieselben Erscheinungen wurden nach der Durchschneidung des vertikalen Bogengangs in dem Teile, welcher *unter* dem horizontalen Kanal sich befindet, beobachtet.

3. *Durchschneidung des grofsen vertikalen* Kanals; leichte, aber scharf accentuirte Bewegung von *unten* nach *oben* und *umgekehrt*. Die Taube ging weiter, konnte stehen, indem sie das Gleichgewicht beibehielt, und nur zeitweise stolperte sie nach *vorn*, während die vorige Taube nach *hinten* umschlug. Die Durchschneidung des Kanals auf der anderen Seite rief ähnliche, aber viel stürmischere Erscheinungen hervor. Bei jedem Versuch sich zu bewegen, fiel die Taube auf den Kopf und schlug nach vorn um. Eine solche Taube lebte weiter fort.

4. *Durchschneidung* des *horizontalen* und *vertikalen unteren Bogengangs*. Die Erscheinungen waren gemischt; die Bewegungen in der horizontalen Richtung waren jedoch vorherrschend, infolge dessen das Tier sich manchmal um seine Längsachse drehte.

5. *Beiderseitige Durchschneidung aller 3 Kanäle.*

Die Bewegungen traten stürmischer und vollständig ungeregelt auf;

nur zeitweise beruhigte sich das Tier, indem es mit dem Kopfe auf den Boden sich stützte.

Bei allen diesen Versuchen führten die Augäpfel und die Augenlider convulsivische Bewegungen, ohne dafs hierbei eine Regelmäfsigkeit oder Abhängigkeit vom durchschnittenen Kanal zu bemerken gewesen wäre, aus.

Flourens begnügte sich nicht mit der blofsen Durchschneidung der Bogengänge; er wollte noch präziser den Ort bestimmen, durch dessen Verletzung die erwähnten Symptome hervorgerufen wurden. Um dies zu bewerkstelligen, deckte er durch Entfernung der knöchernen Bogengänge *den membranösen Teil* auf. Durch in die häutigen Bogengänge ausgeführte Stiche wurden sofort die charakteristischen Bewegungen hervorgerufen, aber nur in einem geringeren Grade, als bei der vollständigen Durchschneidung. Er fand endlich, dafs die Stärke der Folgeerscheinungen im geraden Verhältnis von der Gröfse der Verletzung abhängig ist; des einfachen Stiches, der einseitigen Durchschneidung, der doppelseitigen Durchschneidung, des Zerdrückens, des Zerquetschens (broiement) und zuletzt der vollständigen Zerstörung.

Die Durchschneidung der Bogengänge bei Säugetieren (*Kaninchen*) war von ganz ähnlichen Symptomen, wie sie bei den Tauben auftraten, begleitet. Ein Unterschied bestand nur darin, dafs das Tier nach Durchschneidung des horizontalen Kanals *Manegebewegungen nach der Seite der Verletzung* hin ausführte. In der Ruhelage war der Rumpf nach derselben Seite hin gekrümmt.

Nach beiderseitiger Durchschneidung nimmt der Kopf eine Mittelstellung ein. Der kleinste Versuch, sich zu bewegen, oder die Stellung des Rumpfes zu ändern, hat eine Manegebewegung bald nach dieser, bald nach jener Seite zur Folge. Die Verletzung der vertikalen Kanäle gab dieselben Resultate wie bei den Tauben. Die Augen wurden ebenfalls konvulsivisch und *ohne jede Regelmäfsigkeit* bewegt.

Auf Grund aller seiner Versuche kam Flourens zu folgendem Schlufs:

1. Die Bewegungen des Kopfes, das Drehen, die Purzelbewegungen kommen bei den Tauben stärker zum Ausdruck, als bei den Kaninchen, welche letztere die Operation schwerer überleben.

2. Die Bewegungsrichtung des Kopfes, sowie des Rumpfes nach der Durchschneidung der Bogengänge entspricht den *drei Dimensionen:* a) von vorn nach hinten, und von hinten nach vorn; b) von oben nach unten und von unten nach oben; c) von rechts nach links und von links nach rechts.

3. Jede Durchschneidung der Kanäle wird von konvulsivischen Bewegungen der Augen und der Lider begleitet, welche in dem Falle, da das Tier in Ruhelage kommt, verschwinden.

4. Die intellektuellen Eigenschaften des Tieres bleiben erhalten.
5. Die Durchschneidung ist schmerzhaft.

So entdeckte Flourens auf diese Weise eine Reihe interessanter Thatsachen.

Nun drängt sich aber die Frage auf: wie soll man diese eigentümlichen Erscheinungen erklären? Wodurch wird das Zusammentreffen der Bewegungen nach Durchschneidung der Bogengänge mit einer von den 3 Dimensionen des Raumes bewirkt?

Es lassen sich hierfür verschiedene Gründe vermuten, wie wir weiter unten sehen werden.

Nach Flourens kommt dem Nervensysteme die Eigenschaft zu, Bewegungen infolge einer Reizung auszulösen. Daher: „assurément cette cause n'est pas dans le canal même. Cette cause vient de plus loin; le canal l'emprunte d'ailleurs; et cet autre organe, cette autre partie cette partie plus profonde d'où il l'emprunte, ne peut-être que l'encephale" p. 184. Es sind aber noch Organe vorhanden, welche einen bewegungshemmenden Einfluſs ausüben; so reguliert z. B. das Kleinhirn zu starke Bewegungen, während die halbkreisförmigen Kanäle und die Kleinhirnschenkel dieselben mildern.

Diese Erklärung bietet wenigstens einige Wahrscheinlichkeit, wiewohl sie auch nur eine Vermutung ist. Dieselbe wird nun von Flourens gleich weiter entwickelt: „Die Durchschneidung (der Bogengänge) ruft die Bewegungen nicht hervor, sondern läſst ihr Auftreten zu (la section laisse éclater le mouvement p. 496)."

Die Bewegungsrichtung ist von dem durchgeschnittenen Teil des Nervensystems abhängig.

Nach Durchschneidung der Längsfasern des pons Varoli (nach den damaligen anatomischen Vorstellungen) dreht sich das Tier um seine Längsachse herum. Nach Durchschneidung der Fasern des processus Cerebelli ad testes (corpor. quadrig.) (Magendie 1825), welche von hinten oben nach vorn unten ziehen, entsteht eine verstärkte Bewegung nach vorn und ein Überschlagen auf den Kopf; nach Durchschneidung endlich der Fasern, welche vom Kleinhirn ad medullam oblongatam von vorn oben nach hinten unten ziehen, wird ein Umpurzeln nach hinten beobachtet. Derartige Versuche berechtigen zur Vermutung, daſs jedes von den erwähnten Faserbündeln in Verbindung steht mit einem von den Bogengängen, von denen jeder, wie bereits erwähnt, einen bewegungshemmenden Bogen darstellt, dessen Ausschaltung die stürmischesten und ungeregeltsten Bewegungen zur Folge hat.

Sobald nun Flourens zu diesem Schlusse gekommen war, muſste er schon die Schnecke als das den Schall perzipierende Organ ansehen; und dies mit um so gröſserer Berechtigung, als für eine derartige Ansicht sowohl Experimente als auch die anatomische Ausbreitung des n. acusticus sprechen. Der die Bogengänge versorgende Nerv zieht zum Groſshirn, und

geht abgesondert vom Schneckennerven zur Varolsbrücke, den Gehirnschenkeln und zu den corpora striata.

Die am Ohr von Vögeln angestellten Versuche berechtigen nach Flourens ferner noch zu folgenden Schlufsfolgerungen:

1. Die Zerstörung des Trommelfells (Willis) und die Entfernung des Hammers mit dem Ambofs schwächt das Gehör nur wenig ab.

2. Nach Entfernung des Steigbügels wird das Gehör bedeutend herabgesetzt.

3. Die Zerstörung der Membran der fenestra ovalis und der fenestra rotunda schwächt das Gehör noch in höherem Mafse ab.

4. Wenn man den Steigbügel wieder in die fenestra ovalis eingeführt, kann hierdurch das Gehör etwas gebessert werden.

5. Die Verletzung der Bogengänge hebt nicht nur nicht das Gehör auf, sondern sie verschärft noch die Empfindlichkeit des Hörnerven bis zur Schmerzhaftigkeit: „rend l'audition douloureuse", welche von Kopfbewegungen begleitet wird.

6. Die Freilegung des Vestibularinhalts schwächt das Gehör auf keine bemerkenswerte Weise.

7. Durch Zerstörung desjenigen Nerventeils, welcher zum Vorhof oder vom Vorhof in die Bogengänge hinzieht, wird das Gehör nur teilweise alteriert, mit der Zerstörung des Schneckennerven aber tritt vollständige Taubheit auf.

Demnach: „l'expansion nerveuse du limaçon est donc le véritable nerf de l'ouïe."

[Im Jahre 1861 wiederholte Flourens seine Versuche, wobei gröfsere Bogenteile herausgeschnitten wurden; sie führten zum nämlichen Resultat.]

Flourens stützte einen Teil seiner Schlufsfolgerungen auf die Arbeiten von Magendie [71]), welcher feststellte, dafs die unkoordinierten Bewegungen vorzugsweise nach Verletzung der crura cerebelli auftreten (ähnliche Manegebewegungen werden auch nach Verletzung des verlängerten Markes und des Kleinhirns konstatiert).

Das Tier drehte sich immer aufserordentlich schnell und unaufhörlich — sur lui même — nach der Seite des durchschnittenen Kleinhirnschenkels. Hierbei bemerkte Magendie ein ganz *bestimmtes Schielen*; das Auge der durchschnittenen Seite nämlich blickte nach vorn und unten, während dasjenige der anderen Seite nach oben und hinten gerichtet war. Nach doppelseitiger Durchschneidung nahm das Tier beliebige Stellungen ein.

Wie soll man sich diese Erscheinung erklären?

---

[70]) Flourens. Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales Comptes-rendus T. LII. p. 673—675.

[71]) Magendie. Mémoires sur les fonctions de quelques parties du système nerveux. Lu à l'Academie des sciences le 7 mars. Journ. de Physiologie. T. IV. p. 399.

Magendie legte nun das Kleinhirn blofs und schnitt von ihm eine Reihe Schichten ab. Hierbei liefs er links $^3/_4$ Kleinhirn-Masse unberührt, und rechts nur $^1/_4$. Er sah, wie das Tier sich nach rechts drehte und hierbei gerade so schielte, wie dies im vorhergehenden Versuche nach der Durchschneidung des rechten Kleinhirnschenkels geschehen war. Dasselbe konnte auch bei umgekehrter Vornahme des Versuchs beobachtet werden.

Wenn man nun den Schenkel der Seite, auf welcher eine gröfsere Masse der Substanz zurückgelassen worden war, durchschnitt, so fing das Tier sofort nach dieser Seite hin sich zu drehen an. Es geht daraus hervor, dafs „la section du pédoncule a plus d'influence sur le mouvement de rotation latérale du corps et la position opposée des yeux, que la lésion du cervelet lui même.“ Schliefslich durchtrennte Magendie das Kleinhirn ganz genau in der Mittellinie in zwei Hälften und bemerkte hierbei stürmische seitliche Bewegungen mit Beibehaltung des Gleichgewichts; wurde aber mit dem Schnitt nur leicht nach der einen Seite hin von der Mittellinie abgewichen, so löste dies sofort Manegebewegungen nach der *lädierten* Seite hin aus, so dafs: „les deux moitiés de l'arc formé par le cervelet agissaient l'une sur l'autre en raison de leur masse, et quand celles-ci étaient parfaitement égales, il s'établissait une sorte de lutte entre elles, ce dont on peut juger par les chutes latérales qui se font tantôt à droite, tantôt à gauche, et par l'état d'agitation extrême des yeux“ (p. 404).

Solche Versuche waren dazu angethan, die Erklärung der bei Durchschneidung der Bogengänge auftretenden Erscheinungen nur noch mehr zu komplizieren.

Die erste hierher bezügliche Arbeit Flourens' im Jahre 1824 wurde nicht nach Gebühr gewürdigt, wie wir dies weiter unten sehen werden; sie blieb lange Zeit für viele unbekannt, weswegen die Bearbeitung der Frage von der Funktion der einzelnen Teile des Labyrinths nicht vorwärts kam. Ja, eine Anzahl Gelehrter [72]) zog es sogar vor, auf die frühere Weise ihre Schlüsse nicht mit Zugrundelegung akkurater Versuche, welche doch bei manchen Forschern glänzende Resultate geliefert hatten, zu ziehen, sondern sich akustischer Gesetze hierzu zu bedienen, welche nicht immer sachgemäfs angewandt wurden.

So analysiert Ernst Heinrich Weber (1829, 1839) [73]), indem er

---

[72]) Durch die Versuche ASTLEY COOPER's (1801) war festgestellt worden, dafs nach Perforation des Trommelfells das Gehör nicht verloren geht, dafs es im Gegenteil bei vielen Krankheitsprozessen hierdurch sogar gebessert wird. Der schwache Versuch ITARD's, die Bewegungen des Trommelfells durch ein an dasselbe befestigtes Borstchen sichtbar zu machen, führte zu einem negativen Resultat (1821). FISCHER (1850) stellte die Contraction des mustensor, tympani mittelst eines Manometers dar, den er in den Gehörgang einführte.

[73]) E. H. WEBER. Annotationes, anatomicae et physiologicae. Prolegomen,

die Funktion der Schnecke zu bestimmen wünscht, zunächst kritisch die Methoden, welche seine Vorgänger benutzt haben, und kommt zu dem Schlusse, dafs es zur befriedigenden Lösung der Frage nur einen Weg gäbe, und zwar denjenigen der *äufserst vorsichtigen* Anwendung der akustischen Gesetze. Nur durch eine unvorsichtige Anwendung derselben konnte die Hypothese von den Schneckensaiten entstehen, welche die Kritik nicht aushält. Zwar wäre die Beobachtung, dafs einzelne Saiten bei gewissen Tönen in Schwingungen geraten, ganz richtig, allein derartige Saiten existieren in der lamina spiralis nicht, die ja vielmehr ein kompaktes Gebilde zeige, das fremde Schwingungen nur verstärken kann.

Aus diesem Grunde mufs man die lamina spiralis als einen Resonanzboden eines Klavichords (clavichordii) auffassen, dessen Brett, ohne irgendwie seine Form zu ändern, sehr leicht bei allen möglichen Tönen in Schwingungen gerät und aufserdem alle Töne verstärkt, welche aus den auf ihm befindlichen Saiten hervorgebracht werden.

Der Schall erreicht das Labyrinth auf zweierlei Wege: durch die Schädelknochen und durch das äufsere Ohr. Es zeigt sich: „sonos *per ossa* capitis ad auditum propagatos potissimum *cochleae ope audiri,* sonos autem *per meatum* auditorium externum ad auditum perductos *a vestibulo membranaceo* et a *canalibus* semicircularibus membranaceis vestibulo adjunctis facilius quam a cochlea percipi“. (p. 31).

Erklärung:

Die Schwingungen der Schädelknochen werden der Schnecke und der in ihr befindlichen lamina spiralis leichter übermittelt, weil dieselbe aus sehr harten Knochen besteht und ad partem petrosam befestigt ist; auf diese Weise würde ja der Schall auf dem kürzesten Wege und: „per materiam aequabiliter elasticam“, ohne an Kraft zu verlieren, fortgeleitet.

Die Luftschwingungen des Schalls werden mit dem „vestibulo membranaceo, canalibus semicircularibus membranaceis eorumque ampullis“ deswegen wahrgenommen, weil alle diese Teile in einer Flüssigkeit schwimmen, und nicht fest mit der sie umhüllenden Knochenkapsel zusammengefügt sind, wie man dies an den Schneckennerven sieht, welche zwischen zwei gleichsam Resonanzbrettchen darstellenden Plättchen sich befinden. Bei den Amphibien und Fischen wird die Schnecke vertreten durch: „tres lapilli albi, ponderosi, durissimi, argillae vitrificatae similes“, welche durch Nervenfäden mit einander verbunden sind.

Für seine Ansicht spräche noch folgende Thatsache: Bei geschlossenen Ohren versetzt die eigene Sprache oder eine auf die Schädelknochen

---

IV, und 3 Jul. Prol. VI, 13. Nov. 1829. Die Experimente wurden in der Schrift (Seite 33–41). De pulsu, resorptione, auditu et tactu. Lipsiae 1834, p. 25. De utilitate cochleae in organo auditus veröffentlicht.

aufgesetzte tönende Stimmgabel dieselben in Schwingungen. Wenn ein Ohr hierbei nur geschlossen, das andere dagegen frei ist, so hört man den Ton deutlicher mit dem geschlossenen Ohre (Tortual 1827)[74]), selbst bei Undurchgängigkeit der Tuba Eustachii.

Dafs man die eigene Sprache bei geschlossenen Ohren besser hört als bei offenen, hängt damit zusammen, dafs dieselbe durch die Schädelknochen und nicht durch die Eustachische Tube geleitet wird, wie denn auch beim Singen nicht nur die Kehle und die Brust zitterten, sondern auch die Zähne.

Lincke (1837)[75]) stellte ebenfalls eine Reihe von Hypothesen auf. Man mufs sich nur wundern, wie jemand, nachdem er auf kritische Weise die Ansichten seiner Vorgänger analysiert und die Fruchtlosigkeit phantastischer Hypothesen bewiesen hatte, so wenig auf dem Boden des Thatsächlichen verbleiben konnte. Er behauptet, dafs der die Nerven im Vorhof bedeckende Ohrsand bei den Schwingungen der intralabyrinthären Flüssigkeit sich nach Art der Chladnischen Figuren verteile, welche dann im Nerven die Empfindung des Tones hervorriefen.

Im Laufe der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts sind überhaupt viele leere und unbewiesene Behauptungen aufgestellt worden, welche nicht im geringsten die physiologischen Vorgänge im Inneren des Ohres erklären. Es läfst sich da mit Magendie (1834)[76]) ausrufen: „Mais que sont les suppositions les plus ingénieuses quand elles ne sont pas appuyées de faits ou vérifiées par les expériences".

---

[74]) Diese Erscheinung wurde von Tortual vor Weber bemerkt. Tortual bediente sich einer Taschenuhr.

[75]) Lincke. Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde. Bd. I. Die Anatomie, Physiologie und pathologische Anatomie des Gehörorgans. Mit 5 lith. Tafeln. Leipzig.

[76]) Magendie. Précis élémentaire de Physiologie. Bruxelles 1834. p. 53.

1. Home (1800) sah zuerst die radiäre Faserverteilung des Trommelfells, wenn er sich einer 23fachen Vergröfserung bediente. Er hielt diese Fasern für Muskeln und gründete hierauf eine ganze Hypothese.

2. Trampel (1800). „Der wichtigste Teil, der zur Erschütterung des Trommelfelles und der Trommelhöhle erfordert wird, ist die Trommelsehne" (Chorda tympani!)

3. A. Carlisle (1805). Der Steigbügel gebe einer grofsen Zahl von Schallwellen die Richtung nach der Schnecke.

4. Kessler (1805). Bei den Vögeln ist das Gehör entwickelt „in vorzüglichem Maase; denn hier ist das Losreifsen von den Fesseln der Erde schon vollkommen gelungen"!

5. Walther (1808) meinte, dafs der Schall eine doppelte Wirkung auf die Lymphe habe — eine mechanisch- und eine chemisch-dynamische.

6. Sömmering (1813): „So wie nämlich allerdings die ganze Zunge schmeckt, aber doch einige Wärzchen derselbe mehr für die Wahrnehmung (Empfindung) *einiger*, andre Wärzchen mehr für die Empfindung *andrer* schmeckbarer Teilchen eingerichtet, geeignet oder bestimmt scheinen, so, vermutete ich, könnten die drei so sehr verschiedenen Teile des eigentlichen Labyrinths, für die zwei oder drei dem

Wieder neu entdeckte anatomische Einzelnheiten komplizierten die Frage noch bedeutend mehr und bewogen die Physiologen äufserst vorsichtig in ihren Ansichten zu sein, wie auch mit Vorsicht Schlüsse zu ziehen.

Es wurde nämlich ein enger Zusammenhang des Gehörorgans des Menschen und der Säugetiere mit den benachbarten Nerven vermittelst einer ganzen Reihe von Anastomosen festgestellt.[77])

Zur genaueren Kenntnisnahme der Formen der Labyrinthräume fing man an, sich mit Korrosionspräparaten zu beschäftigen. Diese Untersuchungsmethode wurde, soweit mir bekannt ist, am Ohr zuerst durch ALEX. MONGO (1797) angewandt. In den Händen HYRTLS[78]) (1845) gab sie glänzende Resultate, welche in seinen klassischen „vergleichend-anatomischen Untersuchungen über das innere Gehörorgan des Menschen und der Säugetiere" niedergelegt sind. Auf Grund dieser Arbeit that er den Ausspruch, dafs die vergleichende Anatomie die Funktionen der einzelnen Ohrteile wohl kaum jemals aufklären würde.[79])

Und doch war gerade durch die vergleichende Anatomie Hyrtls selbst, sowie durch die anatomischen Arbeiten vieler anderer[80]) eine

---

Gehör so *wesentlich* verschieden scheinenden Blase-, Sprach- und Saiten-Töne bestimmt sein".

7. BELL (1825) behauptet, dafs die Empfindung einer Melodie oder harmonischer Töne ein rein psychischer wäre.

8. ESSER (1827) genaue und systematische Experimente!

9. BUCHANAN (1828). Der Ohrschmalz mildert die Schärfe der hohen Töne.

10. CHEVALIER 1830, STEIFENSAND 1831, H. I. SHRAPNELL 1832, JAMES SYMS 1841, THOMAS YOUNG 1845, S. JAKSON 1856, DUTTENHOFER 1858, FISCHFR, BRESCHET 1836 u. s. w.

[77]) L. JACOBSON (1816, n. Jacobsoni), FRIED. ARNOLD (1828, Ganglion oticum) u. A.

[78]) J. HYRTL. Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das innere Gehörorgan des Menschen und der Säugetiere. M. 9 Kpft.

[79]) „Ich bin zugleich vollkommen überzeugt, dafs die *vergleichende Anatomie* uns über die funktionelle Bedeutung der einzelnen Bestandteile des Gehörorgans *nur wenig Aufschlufs geben kann,* indem wir über die subjektiven Zustände des Gehörs der Tiere, seine Stärke und Schwäche, seine leichtere Affizierbarkeit durch hohe und tiefe Töne, durch harmonische Töne oder Geräusche, nur vage Vermutungen haben. Es ist vollends unmöglich, bei so vielen Tieren hierüber auf dem Wege des Experiments ins Reine zu kommen und die dadurch zu gewinnenden Erfahrungsresultate mit der anatomischen Einrichtung zu vergleichen" l. c.

[80]) Am umfangreichsten sind die Arbeiten von: CUVIER, ERNST HEINRICH WEBER (1830) GILB. BRESCHET (1833, 36, 38) HYRTL (1845) u. A. SÖMMERING 1806: Ausgezeichnete Tafeln der Anatomie des Ohres. Viele Einzelnheiten sind bei ihm genauer angegeben, als dies bis zu seiner Zeit zu geschehen pflegte. HOME sah zum ersten Male (1800), die radiären Faserzüge des Trommelfells, welche er für Muskeln hielt. — XAVIER BICHAT (1801) suchte die einzelnen Gewebe, aus denen das Ohr besteht, zu bestimmen. Er lenkte die Aufmerksamkeit auf einige Eigentümlichkeiten des Ohres beim Fötus. — Alles, was damals über das Ohr bekannt war, ist zusammengestellt bei SAUNDERS, VON DER HAEVEN, ALEX. FISCHER WALDHEIMENSIS,

ungewöhnliche Vielgestaltigkeit der makroskopischen Formen des Gehörorgans sowie seiner einzelnen Teile bei den Fischen, Vögeln, bei den Säugetieren und zum Teil auch bei den Amphibien konstatiert worden. Dies veranlafste die auf der Hand liegende aber nicht unwichtige Frage aufzuwerfen, ob diese Variationen in den äufseren Formen des Gehörorgans nicht auch eine Verschiedenheit in der Gehörwahrnehmung bedingen.

Anderseits empfanden aber auch die Zoologen das Bedürfnis, bei den niederen Tieren die einfacheren Gebilde zu untersuchen, deren Funktionen denjenigen des Gehörorgans analog zu sein schienen.[81])

Die Embryologie war ebenfalls nicht im stande, ein neues Licht auf die Frage zu werfen, wiewohl eine Menge neuer Thatsachen durch dieselbe aufgedeckt wurden.[82])

TEULE, DAVID TODD u. a. — Streit über die Frage, ob die Aquaeducte für die Lymphe oder für Gefäfse bestimmt wären. — BRESCHET (1833, 1836) führte eine neue Nomenclatur ein. Die knöchernen Bogengänge nannte er nach der alten Weise: canales semicirculares, die häutigen aber tubi semicirculares. Im Vorhofe unterscheidet er einen mittleren Hohlraum (Sinus medianus, S. utricularis) vom Säckchen (sacculus); aufserdem aber wären vorhanden: ein cysticulus und ein utriculus. Die Öffnung, durch welche beide Skalen kommunizieren, nannte er helicotrema (bei CASSEBOHM: canalis scalarum communis). Er vermutete eine Verbindung zwischen utriculus und sacculus, konnte sich aber von derselben infolge der Zartheit des Gewebes nicht überzeugen. Er entdeckte die Otolithen bei den Reptilien, den Vögeln und beim Menschen. Das häutige Labyrinth steht weder mit dem Knochen noch mit der Membran des ovalen Fensters in Verbindung. Die Nerven endeten dort, wo Anhäufungen von Otokonios oder Otolithen sich befänden. Die Aquaeducte führen nicht die Lymphe, sondern nur Gefäfse. Dank den zwei Flüssigkeiten — der Perilymphe (BLAINVILLE) und der Endolymphe (vitrina auditiva BRESCHET) erreichen die Schallwellen den Nerv nur durch Vermittlung von Feuchtigkeit u. s. w.

[81]) JOHN HUNTER (1787). COMPARETTI (1791). Dunkle Beschreibung des Gehörorgans von Insekten. TREVIRANUS (1809). Das Ohr der Blatta orientalis. RAMDOHR. Das Ohr v. Apis. JOH. MÜLLER (1840) meint, dafs bei den meisten Wirbellosen man keinen Körperteil kenne, welcher dem Ohr entsprechen könnte. — Folgende Autoren schrieben über das Ohr von Wirbellosen: LATREILLE (1822), EYDOUX und SOULEYET (1838), POUCHET (1838), LAURENT, CLARK (1838), NEWPART (1838), KROHN (1838), STANNIUS (1840), v. SIEBOLD (1838, 1841, 1844), VALENCIENNE (1842, 1840), MILNE EDWARDS (1842), A. KÖLLIKER (1843), A. FARRE (1843), SOULEYET (1843), OWEN (1843), QUATREFAGES (1843, 44), ADLER u. HANCOCK (1843), FR. WILL (1844), ALLMANN (1844), v. SIEBOLD (1844), H. FREY (1845), MILNE EDWARDS (1845, 1852) u. s. w.

[82]) Seit CASSEBOHM wurde beinahe bis zum Anfang des XIX. Jahrhunderts auf die foetale Entwickelung des Ohres wenig geachtet. XAVIER BICHAT (1801), EMMERT und HOCHSTETTER (1811) haben zum ersten Mal das fötale Labyrinth untersucht. JOH. GR. MECKEL erforschte die Entwickelung des äufseren Ohres des menschlichen Embryos; er beschrieb den knorpeligen Fortsatz, welcher von dem Trommelfell in der Richtung des Unterkiefers hinzieht und jetzt *Meckelscher Knorpel* genannt wird. Es schrieben noch über die Ohrentwickelung HUSCHKE (1825), LEUCKART und FREY (1847), ERICHSON (1849), REISSNER, DUFOUR (1850) u. a.

Man nahm seine Zuflucht zur Akustik. Dank den auf diesem Gebiete neu erfundenen Apparaten — der Sirene von Cagniard de la Tour (1819) und dem Zahnrad von Felix Savart (1830) gelang es, ohne Monochord, dessen man sich früher zu diesem Zwecke bediente, die Zahl der Tonschwingungen genauer zu präzisieren [83]) und die Hörgrenze des menschlichen Ohres für die Töne annähernd zu bestimmen. Mit Hilfe der Chladnischen Figuren und des Kaleidophons oder des physikalischen Kaleidoskops (Wheatstone) [84]) konnte man die Schallschwingungen für das Auge sichtbar machen. Noch präzisere Resultate in der Bestimmung der Zahl der Schwingungen erlangte man durch die *graphische Methode.* (Wilhelm Weber 1830), welche darin bestand, dafs man den mit einer Spitze versehenen schwingenden Gegenstand über eine berufste Fläche führte, wobei die Spitze eine wellenförmige Linie beschreibt. Ist nun die Schwingungszeit des Körpers bekannt, so kann man hierbei mit Leichtigkeit die Zahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeiteinheit feststellen. Savart [85]) bediente sich statt einer berufsten Platte eines berufsten Cylinders.

So wurden denn dem Physiologen neue Mittel zur Hand gegeben. Es verging jedoch noch eine lange Zeit, bevor die graphische Methode in der Erforschung der akustischen Erscheinungen im Gehörorgan Anwendung fand. Man suchte sich vielmehr nach der alten Methode durch Schematisierung der einzelnen Ohrteile zu behelfen.

Als Begründer der *experimentellen physiologischen Akustik* mufs man Savart und Johannes Müller ansehen. Dieselben befafsten sich hauptsächlich mit den *Bedingungen, unter welchen* der Schall das Labyrinth erreicht. Die weiteren Gesetze von den Schallwellen wurden wenig verfolgt. Auf Grund seiner akustischen Versuche, zu deren Erklärung er sich der Arbeiten Chladnis (Akustik 1802, 1830) und der Gebrüder S. H. Weber und W. Weber (Wellenlehre 1828) bediente, kam Johannes Müller zu dem Schlusse, dafs das Gehörorgan dazu bestimmt sei, die verdichtete Welle (Stofswelle) den Nervenendigungen zu übermitteln.[86])

---

[83]) Nach LE SAUVEUR (1700) empfindet das Ohr von $12\frac{1}{2}$–6400 Schwingungen in der Sekunde, nach EULER von 30—7520, nach CHLADNI von 30(C)—16383 (c IV) und endlich nach WALLASTON (1820) von 30—18000—21000.

SAVART bediente sich eines Rades v. 82 cm Durchmesser und 720 Zähnen, welches Töne bis zu 48000 einfachen Schwingungen hervorbrachte.

[84]) Beruht auf der Eigentümlichkeit unseres Auges, schnell aufeinander folgende Eindrücke einen Augenblick beizubehalten.

[85]) Die Vorrichtung SAVARTs wurde durch DUHAMEL (1834) vervollkommnet. Später erschienen viele andere Phonautographe, Phonographe, Vibro-Autographe und Vibrographe: Vibrograph von WERTHEIM, LABORDE (1860) Phonograph SCOTTs (1859). Membran-Phonautograph KÖNIGs und a. Siehe PISKO, 1865.

[86]) Über die Experimente SAVARTs siehe S. 60. JOH. MÜLLER (1840), Hand-

Die Übergabe der Schwingungen geschähe hier wie überhaupt bei allen Nerven, welche von Flüssigkeit durchtränkt wären, mittelst eben

---

buch der Physiologie des Menschen Bd. II. 5. Buch von den Sinnen, II. Abschnitt vom Gehörsinn.

Die Resultate sollen teilweise mit MÜLLERs Worten wiedergegeben werden:

Von der Schallleitung bis zum Labyrinth bei den im Wasser hörenden Tieren.

1. „Die festen Körper nehmen die im Wasser selbst erzeugten Schallwellen mit grofser Stärke aus dem Wasser auf."

2. „Schallwellen fester Körper gehen stärker durch andere damit in Verbindung gesetzte, feste Körper fort, als aus festen Körpern in Wasser, aber viel stärker aus festen Körpern im Wasser, als aus festen Körpern in der Luft fort."

3. „Schallwellen der Luft teilen sich dem Wasser sehr schwer und sehr viel schwerer mit, als sie in der Luft fortgehen: sie teilen sich aber dem Wasser sehr leicht mit durch Vermittelung einer gespannten Membran."

4. „Schallwellen, die sich im Wasser fortpflanzen, und durch begrenzte feste Körper durchgehen, teilen sich nicht blofs stark dem festen Körper mit, sondern resonieren auch von den Oberflächen des festen Körpers in das Wasser, so dafs der Schall im Wasser in der Nähe des festen Körpers auch da stark gehört wird, wo er zufolge der blofsen Leitung im Wasser schwächer sein würde."

5. „Schallwellen, die sich im Wasser fortpflanzen, erleiden auch eine teilweise Reflexion von den Wänden des festen Körpers."

6. „Dünne Membranen leiten den Schall im Wasser ungeschwächt, mögen sie gespannt oder ungespannt sein."

7. „Aus dem 3., 4. und 6. Satze erklärt sich der Vorgang der Schallleitung bei den meisten im Wasser lebenden, nicht luftatmenden Tieren."

8. „Luftmassen resonieren im Wasser von den Schallwellen des Wassers, wenn die Luft von Membranen oder festen Körpern eingeschlossen ist, und bringen dadurch eine ansehnliche Verstärkung des Tones hervor."

9. „Mit Luft gefüllte Membranen resonieren im Wasser, auch wenn die Schallwellen von festen Körpern der Blase mitgeteilt werden."

10. „Aus den vorhergehenden Thatsachen folgt, dafs die Schwimmblase bei den Fischen zugleich Resonator für die durch den Körper des Fisches durchgehenden Schallwellen ist."

Von der Schallleitung bis zum Labyrinth bei den in der Luft lebenden Tieren.

1. „Schallwellen, welche aus der Luft ins Wasser übergehen, erleiden eine beträchtliche Verminderung ihrer Intensität, gehen aber mit der gröfsten Stärke von der Luft zum Wasser durch Vermittelung einer gespannten Membran über."

2. „Schallwellen gehen aus der Luft ohne merkliche Veränderung ihrer Intensität an Wasser auch dann über, wenn die vermittelnde gespannte Membran mit dem gröfsten Teil ihrer Fläche an einem kuzen, festen Körper angeheftet ist, der allein das Wasser berührt."

---

3. „Schon ein kleiner fester Körper, der beweglich durch einen häutigen Saum in ein Fenster eingesetzt ist, leitet die Schallwellen von der Luft zum Wasser (oder Labyrinthwasser) viel besser, als andere feste Teile. Fig. 42. Diese Leitung wird aber noch viel mehr verstärkt, wenn der solide, das Fenster schliefsende Leiter an der Mitte einer gespannten Membran befestigt ist, die von beiden Seiten von Luft umgeben ist." Fig. 43.

dieser Flüssigkeit. Durch die Labyrinthflüssigkeit geschehe die Schall-

Fig. 42. Auf das Ende der einfufsigen Pfeife *a* ist eine trockene dünne Membran *b* (Schweinsblase) gespannt. Auf die Mitte derselben wird ein kleines Korkstückchen mit einem dünnen Holzstäbchen *c* geleimt, an dessen anderes Ende wieder eine Korkscheibe *d* angesteckt wurde. Das Ende des Stabes wurde in Wasser *e* getaucht. Wurde der Konduktor (eine $^1/_2$ Zoll weite Glasröhre) bei verstopften Ohren mit dem einem Ende ans Ohr, mit dem andern ins Wasser gehalten, so wurde der

Fig. 42.

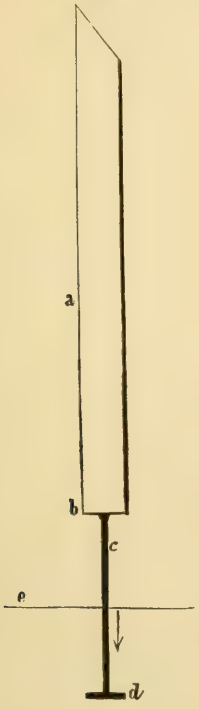


Fig. 43.

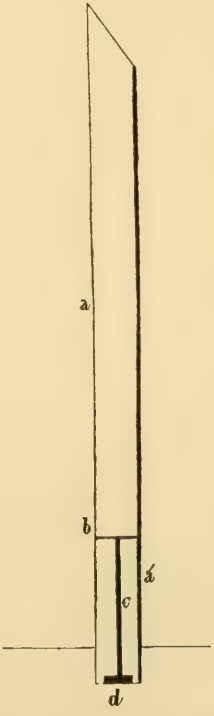
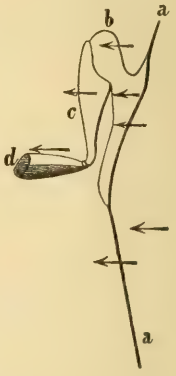


Fig. 44.



a a Trommelfell
b Hammer
c Ambos
d Steigbügel

tiefste Ton oder einer der mittleren Töne in einer auf die Korkplatte senkrechten Richtung im Wasser aufserordentlich stark, viel schwächer aber an den anderen Stellen des Wassers empfunden. Die stärksten Wellen gehen also in longitudinaler Richtung im Stabe fort (bezeichnet mit dem Pfeile).

Fig. 43. Die Pfeife *a* ist durch eine hölzerne Röhre *á*, welche in das Ende der Pfeife fest eingesteckt werden kann, verlängert. Der Stab *c* zwischen zwei Membranen mit Korkscheibe *d* befestigt. Die Pfeife *a* stellt den äufseren Gehörgang vor, durch welchen Luftwellen dem Trommelfell *b* zugeleitet werden. Der mit Luft gefüllte Raum zwischen *c* und *á* stellt die Trommelhöhle vor, *cd* ist der Steigbügel, in seinem Fenster befestigt. Wird das Ende des Apparats in Wasser getaucht und die Pfeife angeblasen, so hört man den Ton in der Richtung des Steigbügels so stark, wie in dem vorigen Versuch.

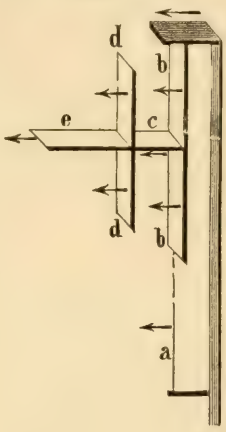
Der Hammerstiel empfängt die Verdichtungswellen des Tommelfells und der Luft in einer auf ihn selbst fast senkrechten Richtung (Fig. 44). Diese Direktion behalten die Wellen auch in der ganzen Kette der Gehörknöchelchen bei.

leitung weit gleichmäfsiger als durch einfache gegenseitige Berüh-

---

Die Wendungen *a* in der Lage der Gehörknöchelchen verändern die Direktion des Stofses nicht, wie dieses sich aus SAVARTs Untersuchungen über die Schallleitung durch feste Platten, welche unter einem Winkel aufeinander stofsen, zur Evidenz ergiebt (Fig. 45). Platte *b* wird auf den Steg der Saite *a* befestigt und empfängt die transversalen Saitenschwingungen. Eine senkrecht auf ihr befestigte Platte *c* gerät in longitudinale Schwingungen, welche in derselben Richtung, wie in der ersten Platte *b*, erfolgen. Die Schwingungen der Platte *d* sind wieder transversal, wenn sie auf der vorhergehenden *c* senkrecht ist, und die auf *d* senkrechte Platte *e* schwingt wieder longitudinal. Dies ergibt sich, wie SAVART zeigte, aus der Richtung, in welcher der Staub abgeworfen wird. SAVARTs Apparat läfst sich mit den einzelnen Teilen der vorhergehenden Figur vergleichen.

Fig. 45.



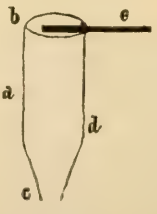
Spannung des Trommelfells.

4. „Eine kleine stark gespannte Membran leitet den Schall schwächer, als im schlaffen Zustande“ (Vergl. die Experimente SAVARTs S. 61).

JOH. MÜLLER hat sich selbst von der Richtigkeit der Schlufsfolgerungen SAVARTs überzeugt. Er benutzte sein eigenes Gehör als Messer der Schallleitungsstärke.

Fig. 46 stellt eine hölzerne Röhre *a* von 8 Linien Durchmesser und 4 Zoll Länge dar. *a* läuft an dem einen Ende in einen schmäleren Hals *c* aus, welchen man tief und fest in den äufseren Gehörgang einführen kann. Dieses engere Ende ist offen. Das andere Ende *b* ist mit einer Membran schlaff überzogen. Auf die Membran *c* ist ein dünnes Stäbchen *e* von 2 Lin. Breite so aufgeleimt, dafs das Stäbchen bis über die Mitte der Membran reicht während das längere Ende frei absteht. Das Stäbchen ist an den Röhrenrand mittelst eines Bandes befestigt, wodurch ein Gelenk entsteht. Beim Heben des äufseren Endes *e* wird die Membran eingedrückt und gespannt. Wurde nun das engere Ende ins fest Ohr eingesetzt, und das andere Ohr durch gekautes Papier fest geschlossen, so konnte die Stärke der Schallleitung bei gröfserer und geringerer Spannung leicht verglichen werden. Es erwies sich: „die Schallleitung (Taschenuhr, Geräusch) war viel stärker bei schlaffer Membran, als wenn durch Heben des Stäbchens die Membran gespannt wurde.“

Fig. 46.



Die Wirkung der verschiedenen Tensionen des Trommelfells auf die Hörschärfe kann man an sich selbst studieren. 1. Die Luft wird in der Trommelhöhle von der Eustachischen Trompete aus dadurch verdünnt, dafs man bei zugehaltener Nase und Mund stark und anhaltend die Brust durch Inspirationsbewegung ausdehnt (zuerst von WALLASTON angegeben, Phil. Transact. 1820).

2. Bei zugehaltener Nase und Mund treibt man die Luft in die Eus. Trompete durch starke und anhaltende Expiration.

In beiden Fällen tritt eine vorübergehende Schwerhörigkeit ein. Hierdurch

rung harter Körper. Bei den Fischen geschehe die Vermittelung der

---

wird es auch klar, dafs die Spannungsanomalien durch den Musculus teusor tympani von einer Schwächung des Gehörs begleitet werden. Die Wirkung des Mus. tensoris tympani können diejenigen Menschen am besten beobachten, welche nach Willkür denselben spannen können.

Ovales und rundes Fenster.

5. „Dieselben Luftwellen wirken viel intensiver vom Trommelfell durch die Gehörknöchelchen und das ovale Fenster, als durch die Luft der Trommelhöhle und die Membran des runden Fensters, auf das Labyrinthwasser."

MÜLLER bildete den doppelten Schallleitungsapparat der Trommelhöhle in folgender Weise nach. Ein Glascylinder (Trommelhöhle) *a* von $2^1/_3$ Zoll Durchmesser und 6 Zoll Länge läuft an dem einen Ende in einen Hals aus, in dessen Mündung die hölzerne Röhre (Gehörgang) *b* von 8 Lin. Durchmesser luftdicht eingesetzt wird. Das äufsere Ende *b* pafst genau in das Ende der einfüfsigen Messingpfeife. Das innere Ende der Röhre *b* ist mit einer gespannten Membran *c* überzogen, welche das Trommelfell vorstellt. Der Glascylinder an *d* ist mit einer dicken Korkplatte geschlossen; in zwei Löchern *c* und *f* derselben sind kurze hölzerne Röhrchen von 3 bis 4 Linien Durchmesser luftdicht eingesetzt. Beide Röhrchen, von denen *e* die fenestra rotunda mit der Membrana tympani secundaria und das *f* die fenestra ovalis darstellt, sind mit Membranen geschlossen. Die Membran *f* ist durch das Stäbchen (Gehörknöchelchen) *g* mit der Mitte der Membran *c* verbunden. Das untere Ende des ganzen Apparates wird in Wasser gehalten, während die in das Rohr *b* eingesetzte Pfeife geblasen wird. Der an das Ohr gehaltene Konduktor (wie S. 76) erlaubt leicht, die Verschiedenheit in der Schallstärke zu unterscheiden. „Die durch den Stab vom Trommelfell zum Wasser geleiteten Wellen sind ganz aufserordentlich viel stärker, als die von denselben Schwingungen des Trommelfells durch die Luft der Trommelhöhle und die Membrana secundaria tympani zum Wasser geleiteten Wellen."

Fig. 47.

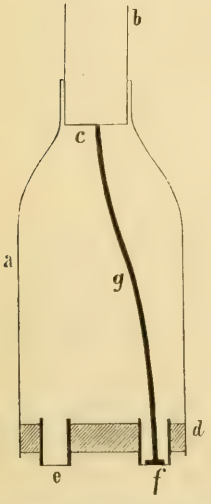
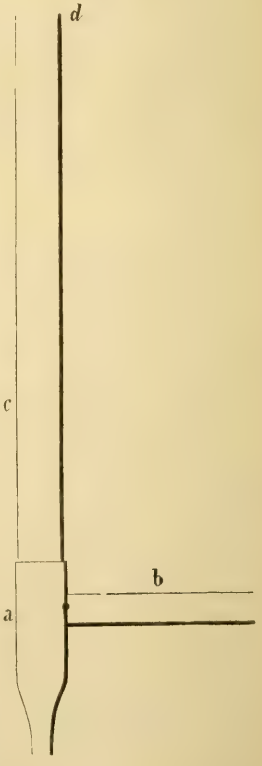


Fig. 48.



Tuba Eustachii.

JOH. MÜLLER bespricht in ausführlicher Weise alle Hypothesen über die Funktion der Ohrtrompete. Um festzustellen, ob die Trompete bestimmt sei, die Resonanz zu verstärken, hat JOH. MÜLLER auf folgende Weise die Trommelhöhle mit der Tuba chematisch nachgebildet.

Schallwellen unmittelbar durch die Schädelknochen, die Schwimmblase

Fig. 48. Eine hölzerne Röhre *a* (Trommelhöhle) von 8 Linien Durchmesser und 3 Zoll Länge ist an dem einen Ende mit Membran (Trommelfell) überzogen, am anderen Ende verengt sie sich, so dafs sie tief in den Gehörgang eingeschoben werden kann. An der Seite der Röhre (Trommelhöhle) ist eine sehr kleine Öffnung (Tubamündung), an dieser Stelle kann das Seitenrohr *b* angesetzt werden. *c* äufserer Gehörgang. Um das Eindringen des Schalles durch die Öffnung zu verhindern, wird der Ton durch eine Person, welche ihre Lippen dicht an die Mündung des Rohres ansetzt, erzeugt. Der enge Teil des Rohres wird in das Ohr eingesetzt und sodann wird die Stärke des Schalls bei zugehaltener Seitenöffnung der Trommelhöhle, bei offener Seitenöffnung und bei eingesetztem Seitenrohr *b* bestimmt. Es war kein merklicher Unterschied der Stärke zu bemerken.

Schnecke.

Um den Gang der Schallwellen in der Schnecke zu studieren, führt JOH. MÜLLER SAVARTs Versuche an. In einem Gefäfse mit Wasser Fig. 49 *a* teilen sich die im Stabe *b* erregten longitudinalen Wellen der auf dem Wasser schwimmenden Holzplatte *c* mit, wie der darauf hüpfende Sand zeigt. In einem anderen Gefäfse *a* mit Wasser schwimmt eine Platte *b*, deren Ränder zu den Wänden des Gefäfses *a* schief sind. Ungeachtet dessen pflanzen sich die in der Wand der Gefäfses durch den Fidelbogen erregten Schwingungen in der geraden Richtung der Pfeile fort.

Fig. 49.

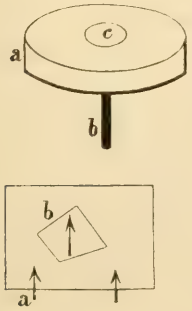
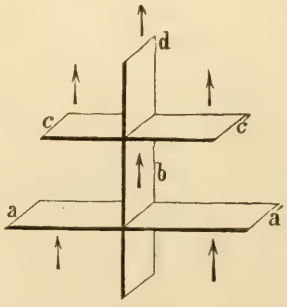


Fig. 50.



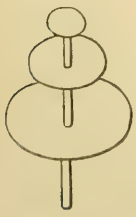
Bei unter einander verbundenen Platten Fig. 50 *a*, *b*, *c*, *d* pflanzen sich die in der Platte *a* erregten Schallwellen in der gleichen Direktion. wie es die Pfeile zeigen, fort. „Dies läfst sich nun auf die Schnecke anwenden. Der Stiel *bd* läfst sich mit dem Modiolus, die Querplatten mit der Spiralplatte vergleichen, und zeichnet man diese Figur in die folgende um, so fällt die Ähnlichkeit noch mehr in die Augen. In welcher Richtung daher entweder dem Modiolus, oder der Spiralplatte selbst Schallwellen mitgeteilt werden, immer wird sich die Direktion des Stofses in allen Teilen der Schnecke gleich bleiben, mag nun der Stofs zunächst von den Kopfknochen dem Modiolus, oder den Wänden der Schnecke, und von diesen der Spiralplatte oder einem von diesen Teilen durch das Labyrinthwasser mitgeteilt werden. Was die vom Labyrinthwasser ausgehenden Schwingungen betrifft, so ist das ovale Fenster so gerichtet, dafs eine auf sein Feld gezogene senkrechte Linie fast parallel mit dem Modiolus der Schnecke läuft, daher werden die von diesem Fenster ausgehenden Stöfse wahrscheinlich in den festen Teilen der Schnecke mit dem Modiolus gleichlaufende Stöfse erregen, d. h. die Spiralplatte wird am leichtesten in

und die Otolithen.[87]) Bei den übrigen Tieren bedürfte es infolge der erschwerten Übertragung der Schallwellen der Luft auf die festen Teile des Kopfes eines komplizierteren Mechanismus: des gespanntenTrommelfells mit den an dasselbe befestigten festen Leitern (der Columella oder der Gehörknöchelchen) zum Zweck einer möglichst geringen Abschwächung der Schallleitung zum Labyrinth. In den Bogengängen käme eine gewisse Kondensation des Gehörs dadurch zu stande, dafs die Schallwellen, durch einen Schenkel des Bogengangs hereinfallend, mit einer ähnlichen Welle des anderen Schenkels zusammentreffen müssen.

In der Nähe der knöchernen Wände der Kanäle, welche gleichsam feste Schallleiter darstellen, mufs der Schall infolge der Resonanz lauter sein.[88]) Wenn man nun annähme, dafs die Bogengänge die Schallwellen aufnehmen und leiten, so müfste der verstärkte Schall gerade auf den Ort der Nervenendigungen, d. i. auf die Ampullen und in den Alveus communis fallen. (Wo ist das zur Berechtigung eines solchen Schlusses unbedingt notwendige Experiment? Ref.) Hierbei verstärken die Otolithen und die Krystallmassen den Schall (Gedanke von Cagniard de la Tour 1833), wie dies aus folgendem Versuch ersichtlich wird.

Beim Untertauchen der Hände in ein mit Wasser gefülltes Gefäfs, welches man erklingen läfst, empfindet man zunächst gar nichts an denselben, sobald man aber in die Hand ein Stück Holz nimmt, wird man die durch das Tönen des Gefäfses hervorgerufenen Erschütterungen gewahr. Die Schnecke wäre zur Verzögerung der Empfindung notwendig. Zuletzt kommt J. Müller zum Schlusse (wie Haller 1753), dafs zur Wahrnehmung der Gehörempfindungen weder das Trommelfell, noch die Gehörknöchelchen oder die Bogengänge oder der Vorhof, noch auch die Labyrinthflüssigkeit notwendig wäre. Wahrscheinlicherweise genüge es, um die Wahrnehmung eines Schalles zu erhalten, einer auf den Nervendruck einwirkenden Reihe von Stöfsen. Für andere

Fig. 51.



ihrer ganzen Ausdehnung in einer auf ihre Fläche beinahe senkrechten Richtung schwingen. Ich erkenne die Direktion des Stofses an Platten, die sich im Wasser einen Ton mitteilen, leicht mit dem festen Konduktor. Der Ton ist immer stärker, wenn der Konduktor in der Richtung auf die Platten aufgesetzt wird, in welchen sich der Stofs fortpflanzt."

[87]) Bei denjenigen Fischen, deren Schwimmblase mit dem Labyrinth im Zusammenhange steht, scheint dieselbe die Rolle eines Resonanzbodens, Kondensators und Leiters zu spielen.

[88]) In ein mit Wasser gefülltes Fafs wurde eine Pfeife gesenkt, deren untergetauchtes Ende mit einer Membran verschlossen war. Der Schall wurde durch die Pfeife erzeugt. Die Ohren des Beobachters waren sorgfältig verschlossen. Als Schallleiter diente ein Stock, dessen ein Ende ebenfalls untergetaucht, während das andere in einen Gehörgang des Beobachters hereingeführt wurde. Es zeigte sich nun, dafs der Ton am deutlichsten in der Nähe der Wände des Fasses gehört wurde.

Forscher, wie Harless 1853, Rinne 1855, Ludwig 1858 dienten als Grundlagen für ihre Forschungen über die Funktionen des Ohres die Arbeiten Seebecks (Doves Repertorium VIII Akustik; Poggendorffs Annalen).

So zeigt es sich denn, dafs trotz der vielfach angestellten, allerdings ziemlich groben akustischen Versuche, es nur teilweise gelungen war, einzelne Erscheinungen seitens des Gehörs zu erklären. An unmittelbare Experimente über das Labyrinth schien man nicht denken zu wollen und gab sich nicht einmal die Mühe, die Flourensschen Arbeiten vom Jahre 1824 einer näheren Untersuchung zu unterziehen. Eine vollständige Entscheidung dieser Frage konnte man schon deswegen nicht erwarten, weil die Struktur des Ohres noch lange nicht entwirrt war, wie dies auch von Lincke (1837) ausgesprochen wird: „Das Ohr ist ein zu zart und kunstreich gebautes Organ, seine einzelnen Gebilde sind durch den verschiedenen Anteil so vieler Gewebe und Systeme auf eine solche Weise zusammengesetzt und mit einander verbunden, dafs noch vielfache Untersuchungen erfordert werden, um ein völlig umfassendes und klares Bild von allen Teilen zu erhalten, und diese in ihren feineren anatomischen Verhältnissen zu bestimmen. Je schöner und glänzender die Aussichten sind, welche uns die bisherigen Forschungen eröffnet haben, um so weniger dürfen wir, durch sie bestochen, eines ruhigen Besitzes uns erfreuen."

Die Worte Lincke's bewahrheiteten sich bald. Die Resultate der mikroskopischen Untersuchungen, welche im zweiten Viertel unseres Jahrhunderts angestellt worden sind, haben nicht nur die Aufgabe des Physiologen nicht vereinfacht, sondern sie waren vielmehr dazu angethan, dieselbe bedeutend zu komplizieren. Trotz der Unsicherheit des Verfahrens und der primitiven Methoden, wurden dennoch verschiedene interessante Einzelheiten aufgefunden, welche früher niemandem auch nur eingefallen waren.[89]) Natürlich wurden diesen neuen Entdeckungen, wie

---

[89]) Zu allererst wurden diejenigen gröberen Gebilde beschrieben, deren Behandlung keine grofsen Vorsichtsmafsregeln erheischte. Treviranus (1825) entdeckte die „*Gehörblätter*" bei den Vögeln. Fig. 52. Anordnung der Querfasern in der Schnecke der Vögel, welche an beiden Enden kürzer werden, und welche Treviranus einzelnen Klaviertasten verglich. — Huschke (1832–33—34–35) beschrieb die Ohrkrystalle, durch welche eine gröfsere Hörschärfe bedingt würde, da das Zittern der Krystalle den feinen Nervenfäserchen übermittelt würde. Die Ohrkrystalle werden mit der Gröfse des Geschöpfes kleiner. Den gröfsten Umfang haben sie bei den Fischen, indem sie hier zu einem Stein (Lapillus) zusammengehäuft wären, während sie am kleinsten beim Menschen sind. Der Vestibularknorpel der Schnecke der Vögel entsendet eine grofse Anzahl zahnartiger Fortsätze (Dentes cartilaginis) (Knorpelzähne). Dieses Gebiet könne man Margo denticulatus, s. crista dentalis nennen. Die Gehörzähnchen, wie die Gehörblätter von Treviranus dienten zur Veredlung der Wahrnehmung verschiedener Töne.

Fig. 52.

dies auch in den früheren Jahrhunderten geschehen war, gleich irgend welche beliebige Funktionen zugeschrieben.

BRESCHET (1833, 1840) sah unter dem Mikroskop schlingenförmige Endigungen der Nerven in den Ampullen, den Säckchen und der lamina spiralis; letztere teilte er in drei Teile ein: 1) zone osseuse, 2) zone médiane, 3) zone membraneuse. Man hat über diese schlingenförmige Nervenendigung viel gestritten, trotz der Fehlerhaftigkeit der Beobachtung. Wer sich für die Litteratur dieser Frage interessiert, wird sie dargelegt finden in: MANDL (1838—1847) Anatomie microscopique in fol. mit prächtigen Abbildungen. Aufl. v. 1842, chap. IV p. 357. Organe de l'ouie. — STEIFENSAND (1835) hat nach SCARPA (1789) von neuem eine detaillierte Beschreibung der gröberen Verteilung der Gehörnerven in den Ampullen von Reptilien, Vögeln, des Kalbes und des Menschen geliefert. — C. KRAUSE (1837) bestätigte die Beobachtung Huschkes hinsichtlich der Gestalt der Ohrkrystalle. Er unterscheidet (1843) in der membranösen spiralen Platte zwei Gebiete: 1) die zona nervea und 2) die zona cartilaginea. Er sah auch ein Epithel in der Schnecke. Die zona pectinata bestände aus sehnigen Fasern. — HANNOVER (1842) sah ebenfalls ein Epithel in der Schnecke. Er beschrieb sehr genau das vas spirale und die um dasselbe herum befindlichen Capillarschlingen. Er stiefs die Ansicht BRESCHETs, dafs das Neurilemm direkt in die zona membranosa übergehe, um. Die zona pectinata bestünde aus Fasern.

PAPPENHEIM hat zuerst die concentrischen Fasern im Trommelfell beschrieben, welche dichter an der Peripherie lagerten (die radiären waren schon früher durch HOME im J. 1797 und 1800 entdeckt und beschrieben worden) und zuletzt auch eine Schicht schräg verlaufender Fasern. — E. KRIEGER (De otolithis 1840) behandelt speziell die Ohrkrystalle und die Otolithen der verschiedensten Tierarten und ihre chemische Zusammensetzung. Sehr vollständige Litteraturangaben.

CARUS 1841 wies auf die Anhäufung der Krystalle im Nackengebiet des Fötus von Coluber natrix hin. Die Krystallanhäufung zu beiden Seiten der Lazarusklappe und des Frosches stellten ein Gebilde dar, welches den Labyrinthsäckchen entspräche.

HUSCHKE (1844) teilte die lamina spiralis membranacea in 1) die zona cartilaginea und 2) in die zona membranacea. Er bestimmte auch annähernd die Grösse dieser Teile (Länge = 18‴ beim Menschen, Breite 0,2 — 0,23‴). Die übrigen Beobachtungen HUSCHKE's zeichnen sich durch eine besondere Genauigkeit aus.

Die zona cartilaginea zerfällt nach ihm in ein labium vestibulare und ein labium tympanale. Das lab. vestibulare ende frei — mit einer Spiralleiste (crista spiralis acustica), welche in eine Reihe von Gebilden zerfällt, welche eine Ähnlichkeit zeige mit den menschlichen Schneidezähnen. Der Raum zwischen den beiden labien zeigt eine Vertiefung: Sulcus seu semicanalis spiralis. Die lamina spir. membranacea wäre mit ihrem äufseren Ende an einem eigenen Kamm befestigt, welcher an der inneren Oberfläche der Schneckenkapsel läge und lamina spiralis ossea accessoria genannt würde. An der lamina spiralis membr. müsse man zwei Flächen unterscheiden, die superficies vestibul. und tympanalis. Auf der tympanalen Fläche befände sich ein Gefäfs, das vas spirale. Auf der Vestibularfläche der lam. spiralis membranacea bemerkte er beim Embryo des Menschen, des Schweines und des Schafes einen kleinen Fortsatz — „die spirale Nervenwarze" (papilla spiralis). Am äufseren Rande derselben beschrieb er ein kernloses Cylinderepithel, welches, wie er meint, beim Schall schwingen müsse. Nach aufsen vom vas spirale traf er auf einige Reihen unregelmässiger Zellen (CORTI meint, dafs dies zertrümmerte Überbleibsel aus seiner zweiten Reihe gewesen sein müssen). Die zona membranacea kann man in zwei Abschnitte teilen, in einen inneren glatten ungefalteten Abschnitt und in einen äufseren gefalteten oder gefaserten Abschnitt. Später haben TODD und BOWMANN

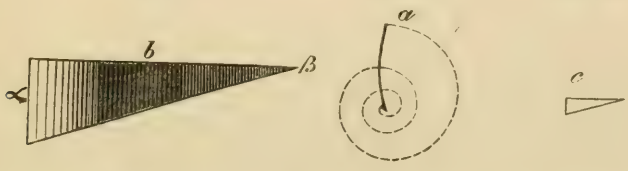
Diese wenigen mikroskopischen Beobachtungen genügten, um die schon längst vergessenen Hypothesen von den Schneckensaiten wieder ins Leben zurückzurufen. Diesmal war es HANNOVER (1842)[90]) und CARL CARUS (1849)[91]), welche dieselben auffrischten. Der erstere vergleicht

diesen Abschnitt „pectinate membrane" genannt. Er sah ferner Gefässnetze an der Oberfläche des Periostes. Im embryonalen Zustande stellte sich der Schneckenkanal als ein Fortsatz des Vorhofes dar. Später schnüre er sich ab und wandele sich nicht etwa in die ganze Schnecke, sondern nur in die lamina membranacea um.

[90]) HANNOVER (1844) teilte die lamina spiralis in eine pars ossea und eine pars membranacea ein, während BENDZ (1847) sie in eine lamina spiralis interna mit knorpligem Rande, eine zona membranacea und lamina spiralis ossea externa einteilte. — TODD und BOWMANN (1847) sprechen von: 1) denticulate lamina und 2) membranacea zona, an welcher wiederum zwei Teile unterschieden werden könnten: a) inner clear belt (Cylinderkörperchen, deren ein Ende dicker wäre = bandelette dentelée CORTI); b) pectinate portion (Breite 0.06[111]) und c) other clear belt. Die verdickte Periostalpartie an der äufseren Schneckenwand nannte er zona muscularis laminae spiralis, welche den „musculus cochlearis" einschlösse. KÖLLIKER (1849, Zeitschrift für wiss. Zoologie) konnte hier keine glatten Muskelfasern isolieren, erhielt infolge dessen dieses Gebilde für bindegewebiger Natur, und nannte es ligamentum spirale. — HYRTL (1845) nannte die lamina spiralis accessoria (HUSCHKE): lamina spiralis ossea secundaria.

[91]) CARUS; System der Physiologie 2. Aufl. 2. Th. p. 499. „Bedenkt man nun, dafs im Hörbaren auch eine Stufenfolge ist vom Niedern zum Höhern, vom Einfachern zum Vielfachern (nämlich die Stufenfolge von Schall — Klang — Ton, hoher oder tiefer), und dafs in der Bildung des Labyrinths gleiche Stufenfolge stattfindet (einfache Hörblase — Hörblase mit Bogengängen und Schnecke), so ist der Schlufs wohl erlaubt und höchst wahrscheinlich richtig, dafs die Unterscheidung vom blofsen Schall und Klang die Aufgabe eines blofs als Hörblase mit Bogengängen entwickelten Ohrs sei, dafs aber im höher entwickelten Ohr zwar Schall und Klang auch allgemein in allen Teilen des Labyrinths vernommen werden, während jedoch der Ton, als hoher oder tiefer Ton, nur erst durch den Zutritt der Schnecke unterschieden werden kann. Wirklich ist auch das Spiralblatt der, im rechten Ohr rechts, im linken Ohr links gewundenen Schnecke, inwiefern es eine vollkommen regelmäfsige Abnahme an Breite zeigt, und folglich als als sehr viele regelmässig an Länge abnehmende Quersaiten enthaltend gedacht werden kann, sehr einem Instrument mit längern nnd kürzern, d. h. tiefern und höhern Saiten bezogen vergleichbar, und daher für solchen Zweck gewifs am geeignetsten.

Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.



Es stelle *a* das in zwei und einer halben Windung aufgewundene Spiralblatt vor, so wäre *b* das ausgebreitete, von *α* nach *β* in der Länge seiner Querfasern abnehmende Spiralblatt, welches *c A* in natürlicher Gröfse darstellt.

Die Aufwindung des Blattes in Säugetieren und Menschen giebt im kleinen Raume die Möglichkeit einer gröfsern Ausdehnung, obwohl freilich immer das

die Fasern der Zona pectinata mit Klaviersaiten, welche zusammengelötet wären. Der letztere behauptete, dafs durch die Verschiedenheit der Labyrinthstruktur unter den Tieren auch eine verschiedene Gehörwahrnehmung bedingt würde. Die Verschiedenheit des Gehörs bei den Menschen müfste man auch mit der ungleichen Entwickelung des Labyrinths in Zusammenhang bringen. Der Ton und seine Klangfarbe würden mit dem ganzen Labyrinth wahrgenommen; seine Höhe aber wird nur durch die Schnecke bestimmt. Die aufgerollte Schnecke könne man als ein rechtwinklig dreieckiges Instrument (nach Boerhaave) auffassen, zwischen dessen Hypotenuse und einer Kathete eine Reihe kurzer und langer Saiten ausgespannt sind, welche mit den Nerven im Zusammenhang stehen.

III. Periode.

Bald darauf jedoch, im Jahre 1851, erschien die Arbeit Cortis, welche, wie es den Anschein hatte, die Unzulänglichkeit derartiger leerer

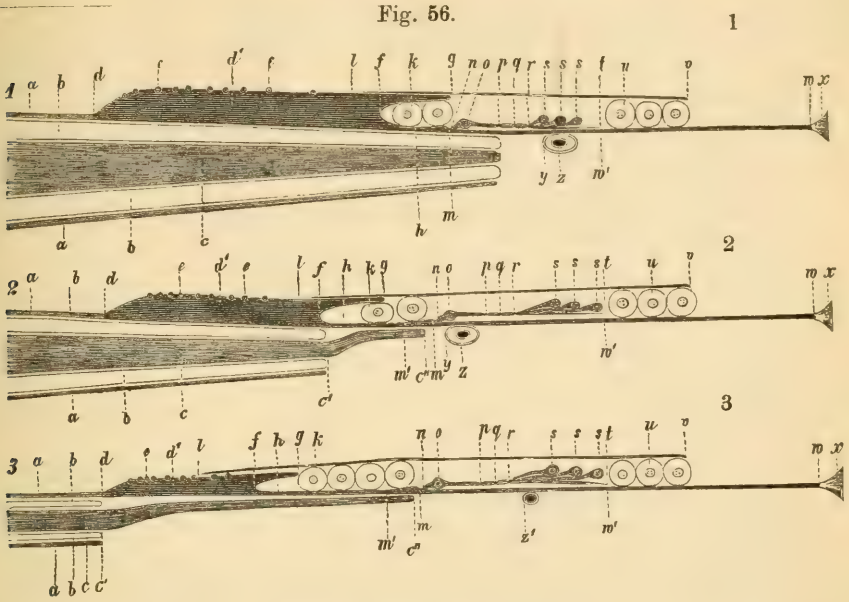
Organ so ungeheuer klein ist, im Verhältnis der uns dadurch werdenden grossen Vorstellungen, dafs wir dessen Erzitterungen mit unserer Phantasie zu folgen durchaus unfähig sind.

[92]) ALPHONSE CORTI. Recherches sur l'organe de l'ouie des mammifères. Zeitschr. für wissensch, Zoologie. Bd. III p. 109. 30. Juni 1851. Sein Verdienst besteht darin, dafs er Methoden feststellte, deren Beobachtung für die Bearbeitung eines so zarten Organs, wie des Ohrs, unumgänglich notwendig ist. Er wies nach, dafs die spirale Nervenwarze HUSCHKEs (1844) ein sehr kompliziertes und von einer Membran bedecktes Gebilde sei. Er teilte die knöcherne und die membranöse Spiralplatte in zwei Abschnitte ein: 1) in eine zona deuticulata (zonae dentelée) nach innen zu und 2) in eine zona pectinata nach aufsen hin (zone pectinée). Die zona denticulata zeige wiederum zwei verschiedene Streifen : a) die Habenula interna s. sulcata (bandelette sillonnée), von HUSCHKE als Hörzähne bereits beschrieben und b) die Habenula externa seu denticulata (bandelette externe on dentelée), welche der spiralen Nervenwarze von HUSCHKE entspräche.

Die Habenula denticulata lam. spir. membran. habe zwei Flächen: eine tympanale und eine vestibuläre Fläche. Am interessantesten sei die Vestibularfläche. Näher am modiolus liegt dort eine Reihe cylindrischer Erhebungen (saillies cylindriformes), welche man dents apparentes nennen könnte. Dieselben lägen *über* der Habenala denticulata. Unter ihnen bemerkte man eine Reihe von Öffnungen. — Unmittelbar hinter den dents appareates erheben sich sehr komplizierte Fortsätze (processus), welche ebenfalls, wie die dents apparentes zahlreich vertreten wären. Diese Fortsätze könne man deuxième rangée de dents nennen. Jeder derselben präsentire sich wie ein flaches Säulchen, an dem man drei Teile unterscheiden müsse, und zwar: einen inneren Fortsatz, einen äufseren Fortsatz und „viereckige Teile“ (coins carré—longs), welche die ebengenannten Fortsätze verbänden. Die inneren Fortsätze erinnerten an Epithelialzellen, am hinteren Ende derselben könnte man einen Kern mit Kernkörperchen unterscheiden; ihr vorderes Ende wäre schmäler und an einen der „Coins“ befestigt. Coins articulaires — zwei rechtwinklige Stückchen, welche miteinander sowohl, als auch hinten mit dem vorderen Ende des inneren Fortsatzes und vorne mit dem hinteren Ende des vorderen Fortsatzes, welcher beweglich wäre (flotte), kommunizieren. Auf dem vorderen Fortsatz befinden sich drei Epithelzellen. Danach folgt die Beschreibung der übrigen Teile derSchnecke.

Hypothesen klar darlegte. Seine Untersuchungen zeigten, dafs das schallempfindende Organ einen aufserordentlich komplizierten Nervenendapparat

Fig. 56.



Cortisches Organ nach Corti.

Fig. 56. 1, 2, 3. Figures idéales de tranches verticales de la lame spirale membraneuse, grossies 450 fois environ. Chats, chiens.

Fig. 1. Tranche verticale de la lame spirale membraneuse imaginée dans son commencement près du vestibule.

a a Périoste qui tapisse la lame spirale osseuse.

b b Lame spirale osseuse près de son bord libre.

c Faisceaux de l'expansion du nerf cochléen renfermés entre les deux lames osseuses (*b b*) qui forment le bord libre de la lame spirale osseuse.

d—w Lame spirale membraneuse.

*d—w*¹ Zône dentelée (Zona denticulata).

d—d'—f Bandelette sillonée (*Habenula sulcata*).

d Endroit où le périoste de la surface vestibulaire de la lame spirale osseuse change de structure et s'épaissit (*marche spirale*) pour former la bandelette sillonnée.

e Globules qui remplissent les sillons de la bandelette sillonée.

f—g Dents de la première rangée.

g—f—h Sillon spiral (*sulcus s. semicanalis spiralis*).

h Paroi inférieur du sillon spiral.

k Cellules épithéliales placées sur la portion interne de la bandelette dentelée et dont quelques unes bouchent le sillon spiral á son ouverture.

*h—w*¹ Bandelette dentelée (*Habenula denticulata).*

h—m Dent apparente

n—t Dents de la deuxième rangée.

n—p Branche postérieure des dents de la deuxième rangée.

o Grossissement de l'extrémité postérieure de la branche postérieure des dents de la deuxième rangée.

darstellt. Dieser Hinweis genügte, damit in Kürze eine grofse Anzahl

---

p—q et *q—r* Coins articulaires.

r—t Branches antérieures des dents de la deuxiéme rangée.

s s s Cellules d'épithélium cylindrique placées sur la branche antérieure des dents de la deuxième rangée.

l—v Membrane qui sert de toit à la bandelette dentelée.

u Une des cellules épithéliales qui se trouvent entre la zône pectinée et la membrane qui sert de toit à la bandelette dentelée.

w'—w Zône pectinée (*Zona pectinata*).

x Périoste qui tapisse la *lamina spiralis ossea accesssoria*, et dans lequel la lame membraneuse a son insertion.

y *Vas spirale* (*internum*). z. sa tumique interne.

Fig. 2 Tranche verticale de la lame spirale membraneuse, imaginée après qu'elle a atteint C''' de longneur environ depuis son origine dans le vestibule. (Les mêmes lettres indiquent le mêmes objets que dans la fig. 1).

m'—m Dent apparente.

c'—c'' Expansion du nerf cochléen étalée sur la surface tympanique de la bandelette dentelée après être sortie de la lame spirale osseuse.

Fig. 3 Tranche verticale de la lame spirale membraneuse imaginée a 0,5''' environs avant sa dernière terminaison dans le sommet du limaçon (les mêmes lettres indiquent les mêmes objets que dans la fig. 2).

z' *Vas spirale internum* à simples parvis.

Fig. 57.

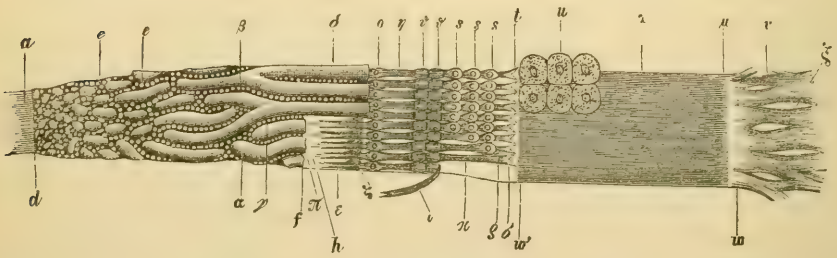


Fig. 57. Surface vestibulaire de la lame spirale membraneuse dans son origine, pris du vestibule, regardée à vol d'oiseau, et grossie 450 fois environ. (Le mêmes lettres indiquent les mêmes objets, que dans la fig. 1. Chats, chiens).

d—f Bandellete sillonée.

t Extrémité antérieure ou externe des dents de la deuxième rangée.

α β γ Excroissances cylindriques de la bandelette sillonnée.

δ Dents de la première rangée.

π Endroit où une excroissances cylindrique se prolonge au dehors de la bandelette sillonée, et devient une dent de la première rangée.

ε Dent apparente.

ζ Trous percés dans la bandelette dentelée entre les dents apparentes.

η Branche postérieure d'une des dents de la deuxième rangée.

ϑ Coins articulaires.

ϰ Branche antérieure d'une des dents de la deuxième rangée, de laquelle j'ai ôté les trois cellules d' pithélium cylindrique.

σ Branche antérieure d'une des dents de la deuxième rangée de laquelle j'ai:

von mikroskopischen Arbeiten,[93]) erschien, deren Verfasser sich bestrebten, die wechselseitigen Beziehungen der einzelnen Teile des Laby-

---

ôté les deux premières cellules d'épithélium cylindrique pour en faire voir la troisième dans tout son étendue.

ϱ Branche antérieure d'une des dents de la deuxième rangée de laquelle j'ai enlevé la première d'épithélium cylindrique afin de faire voir la seconde cellule dans toute son étendue.

ι Branche antérieure d'une des dents de la deuxième rangée repliée en arrière, et en partie sur les coins articulaires.

λ Grossissements cylindriques de la zône pectinée.

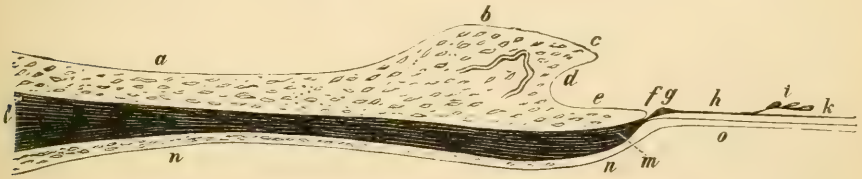
w^1 et μ. Origine des grossissements cylindriques aux deux bords de la zône pectinée.

ν Colonnes fibreuses au moyen desquelles le périoste recoit l'insertion de la lame spirale membraneuse.

ξ Lacunes ou ouvertures qui se trouvent entre les colonnes fibreuses du perioste près de l'insertion de la lame spirale membraneuse dans le périoste même.

[93]) KÖLLIKER (1854) wies nach, dafs der Nervus cochlearis in die Zellen nicht auf der tympanalen, sondern auf der vestibulären Seite der lam. spir. übergehe.

Fig. 58 (n. Kölliker).



Senkrechter Schnitt durch einen Teil der Lamina spiralis aus der zweiten Schneckenwindung des Ochsen nach Behandlung mit verdünnter Salzsäure. Das CORTI'sche Organ ist nach anderen Präparaten eingezeichnet.

Fig. 58. *a* Periost und erweichte Knochenlage der Vestibularfläche der zona ossea; *b* Habenula sulcata CORTI; *c* Zähne der ersten Reihe; *d* Sulcus spiralis; *e* Habenula perforata mihi (i. e. Köllikeri); *f* Löcher, durch welche die Nerven von der Scala tympani in die Scala vestibuli treten; *g* Bipolare Zelle am Anfange einer Cortischen Faser; *h* hinteres Stück einer solchen Faser; *i* die von dieser getragenen gestielten Nervenzellen; *k* vorderes Endstück der Cortischen Faser; *l* Nerv innerhalb der zona ossea; *m* Ende seiner dunkelrandigen Fasern; *n* untere oder tympanale Periostlamelle; *o* Lamina spiralis membranacea.

E. REISSNER (1854) beschrieb eine feine Membran, membrana Reissneri, welche übrigens schon HUSCHKE 1844 bemerkt hatte, und die den Endapparat von der Vorhofsskala trennt. — A. BÖTTCHER (1856) zeigte, dafs die von CORTI als parallel zur Lamina spiralis bezeichneten Zähne, S-förmig sind und mit einem Ende auf der Membran, einen *Bogen* bildend, ruhen. Diese Gebilde (Ordinis primi secundique bacilli), aus denen die Bögen gebildet waren, bestünden *nicht*, wie CORTI dies annahm, aus 4 Teilen, da seine coins articulaires nur Berührungsstellen der inneren und äufseren Reihe genannter Stäbchen waren. Die Zahl der inneren Stäbchen (der sogenannten CORTIschen Zähne) sei gröfser als die Zahl der äufseren Stäbchen, und zwar wäre das Verhältnis derart, dafs auf zwei innere Zähne ein äufserer käme. Die Ansicht KÖLLIKERs von der nervösen Natur dieser Zähne wäre unrichtig. — MAX SCHULTZE (1858) wies definitiv nach, dafs die Annahme eines schlingenförmigen Endes des Gehörnerven auf einer unrichtigen Beobachtung beruhe.

rinths zu ergründen und zu gleicher Zeit zeigten, wie auch Corti noch weit von der Wirklichkeit entfernt gewesen war.

Corti selbst sprach auch eine Vermutung aus, behandelte sie aber auch selbst nur als eine Hypothese.[94])

Die Länge der Lamina spir. membr. beim Hunde und bei der Katze ist = 10‴. Wenn diese Zahl mit der Breite des freien Endes der Zähne *erster* Ordnung (der Huschkeschen Zähne) 0,005‴ dividiert wird, so ist die Zahl der Zähne = 2000. Wenn nun die Länge der Lamina spir. membr. mit der Breite der gegliederten Teile (coins articulaires) 0,003‴ geteilt wird, so ergibt dies ungefähr 3,330 Zähne *zweiter* Ordnung. Jeder derartige Zahn ist mit 3 Cylinderzellen versehen, ihre Zahl würde also 9,990 betragen. An die Zona denticulata sind demnach 15,320 Gebilde befestigt. Die Maus, das Kaninchen und der Maulwurf besitzen 7000 derartiger Gebilde, das Schwein und das Schaf 21,000, der Mensch endlich 29,000. Ein sehr feines Häutchen bedeckt sie und ist so stark gedehnt, dafs sie keine Falte aufweist. Zwischen ihr und den Zähnen zweiter Ordnung bleibt ein Raum von 0,0048‴ zurück, innerhalb welches diese Zaehne von oben nach unten und umgekehrt sich bewegen (flotter) können. Es wäre demnach die Hypothese nicht allzu gewagt, wenn man annähme, dafs die Schallschwingungen die Endolymphe und durch sie auch die Zähne erster und zweiter Reihe in Bewegung setzen. Die äufseren Enden der Zähne zweiter Reihe schlagen nun, nachdem sie während der allgemeinen Bewegung sich abgebogen haben, an die Zona denticulata nach Art von Trommelschlägeln. Die in der Lamina membranacea auf diese Weise hervorgerufenen Schwingungen werden auf die Nervenendigungen übertragen, welche auf der tympanalen Oberfläche sich befinden. Da die Lamina spir. membr. nach der Spitze der Schnecke zu breiter wird, so mufs sie hier auch nach den Gesetzen der Akustik langsamer schwingen. Was nun die Zona pectinata anbelangt, so sind deren Saiten beinahe der Zahl der Fortsätze gleich (die Saitenzahl bei der Maus 6,900, beim Menschen 30,000 u. s. w.).

Koelliker (1854)[95]) sprach sich noch bestimmter hinsichtlich der

---

[94]) J'avoue enfin que les faits exceptés, je ne donne aux réfléxions que je viens de faire, plus d'importance qu'une hypothèse probable peut mériter. Je ne les ai ajoutées, pour ainsi dire, que pour laisser agir aussi un peu l'imagination à côté de la patience. Ce n'est naturellement qu'au moyen de l'exacte application des lois de l'acoustique, qu'on pourra peut-être expliquer la fonction de cette partie merveilleuse de l'organe de l'ouie; et c'est ce que j'éspère entreprendre bientôt.

[95]) A. Kölliker. Mikroskopische Anatomie. Bd. II. S. 737. Vom Gehörorgan. — Über die letzten Endigungen des Nervus cochleae und die Funktion der Schnecke. Festschrift für Tiedemann. Würzburg, 10. März. — „Unser Vermögen, eine solche Wellenbewegung nicht als einfachen Druck aufzunehmen, sondern dieselbe in ihren einzelnen Faktoren zu zerlegen, kann ich mir nur unter der Voraussetzung denken, dafs die einzelnen Nervenenden jede ihre specifische Erregung, beruhe sie nun auf einer Verdichtungs- oder Verdünnungsschwingung, zum Bewufstsein

Funktion der Schnecke aus, indem er seine Behauptungen hauptsächlich mit *den anatomischen* Verhältnissen begründete. Das Cortische Organ stelle nur perzipierende, aber keine schallleitenden Gebilde dar. Dank ihrer ungewöhnlichen Anzahl wären wir im stande, zu gleicher Zeit verschiedene Töne wahrzunehmen und ihre Höhe, Stärke und Klangfarbe, welche durch die Nebenschwingungen bedingt werden, bestimmen zu können. Jede zusammgesetzte Schallwelle werde durch die Schnecke in einzelne einfache Töne zerlegt, indem jede Nervenfaser durch einen bestimmten Ton gereizt würde.

Blofse anatomische Daten genügten jedoch noch nicht zur Begründung dieser Hypothese. Es bedurfte noch anderer Beweise, damit dieselbe einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit gewänne.

Solche Beweise nun wurden von HELMHOLTZ (1857, 1858, 1863)[96]) geliefert, indem er dieselben dem akustischen Gebiete entnahm und sich dabei hauptsächlich auf das Ohmsche Gesetz stützte. Aber auch die Helmholtzschen Erklärungen erwiesen sich in nicht allzulanger Zeit für manche Erscheinungen als ungenügend. Die mikroskopischen Untersuchungen brachten eine ungewöhnliche Vielgestaltigkeit in der Struktur des Gehörorgans zu Tage, und bewiesen, dafs manche anatomische Vorstellungen, welche eigentlich den Eckpfeiler für die Helmholtzschen Hypothesen abgegeben hatten, nicht ganz richtig waren.

Die Bogengänge und der Vorhof wurden in jener Zeit vollständig vernachlässigt, ihre Funktion blieb ein Rätsel, trotz einer ungeheuren Menge mikroskopischer Untersuchungen[97]) und einer genaueren Kenntnis der embryologischen Entwickelung des Gehörorgans.

---

zu bringen im stande sind, welches dann aus dem Gesamteindrucke diesen oder jenen Teil herausnehmen und besonders verfolgen oder auch dem Ganzen sich hingeben kann."

[96]) HELMHOLTZ. Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie. Vorlesung, gehalten in Bonn im Winter 1857. — Über physikalische Ursachen der Harmonie und Disharmonie. Amtlicher Bericht über die 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsruhe im September 1858. S. 157. — Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. 1. Aufl. 1863. 3. Aufl. 1870, 4. Aufl. 1877.

G. S. OHM. Über die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen. Poggendorffs Annalen der Physik. Bd. 59 p. 497. 1843. Bd. 62. 1844. p. 1.

[97]) 1860. O. DEITERS. [Untersuchungen über die Schnecke der Vögel. Beicherts Archiv p. 409. Untersuchungen über die Lamina spiralis membranacea. Bonn. 1—114 p. 8 lith. Taf.] Er entdeckte die Zellen, welche später Deiter'sche genannt wurden sowie verschiedene andere Einzelheiten. v. TRÖLTSCH. FR. LEYDIG.

1862. R. HARTMANN. Über die Nervenendigungen im Fischlabyrinth. FRANZ SCHULTZE. Über das Labyrinth vom Fischen. OTTO DEITERS. Über das Amphibienohr. HENSEN.

1863. G. LANG. Über das Ohr von Cyprinoiden. KEFERSTEIN, CLAPARÈDE. V. HENSEN: 1) Über die Kommunikation des ductus cochlearis mit dem sacculus vermittelst des canalis reuniens. 2) Über das Ohr der Dekopoden. 3) Zur Morpho-

In der folgenden Zeitperiode wurde für die Klärung der Vibrationen des Trommelfells und der Gehörknöchelchen verhältnismäfsig mehr ge-

---

logie der Schnecke des Menschen und der Säugetiere. RÜDINGER. Über den sacculus. VOLTOLINI. Über das Labyrinth des Menschen. CLAUS. Das Ohr der Krebse.

1864. LÖWENBERG. Über die histologische Struktur der Schnecke und der Bogengänge. OWSIANNIKOW. Über das Ohr von Petromyzon fluviatilis. ODENIUS. Über das Labyrinth des Menschen. REICHERT. Über die Schnecke.

1865. VICTOR. Über den canalis ganglionaris. CLAUDIUS. Über das Ohr von Dinotherium giganteum u. a.

1866. HENSEN. Über das Ohr von Locusta. LRWENBERG. Über die Lamina spiralis der Schnecke. C. HASSE. Über die Schnecke der Vögel. BOCHDELECK jun., ZAUFAL, HENLE, RÜDINGER. Über das Labyrinth des menschlichen Ohrs. LUCAE. Über die Bogengänge.

1867. C. HASSE: 1) Über die Schnecke der Vögel. 2) Über die Endigungen des n. acusticus in der Schnecke bei den Vögeln. 3) Über die Entwickelung der Schnecke bei den Vögeln. 4) Über die Bogengänge der Vögel. RÜDINGER: 1) Über die Haare in den Bogengängen. 2) Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das membranöse Labyrinth. 3) Atlas des Gehörorgans. VOLTOLINI. Über die lamina spiralis. ODENIUS. Über das Epithel der macula acustica. OWSIANNIKOW und KOWALEWSKI. Über das Ohr der Cephalopoden. MIDDENDORP, CLAUDIUS, KÖLLIKER.

1868. BOLL. Über die Ampullen der Selachier. LANDOIS. Über d. Ohr v. Lucanus cervus. BÖTTCHER. Über den aquaeductus vestibuli. HASSE: 1) Über die Bogengänge des Frosches. 2) Bemerkung über das Ohr von Fischen. 3) Das Ohr des Frosches.

1869. BÖTTCHER. Über die Entwickelung und den Bau der Säugetiere u. s. w.

1870. RÜDINGER, C. HASSE, WINIWARTER. Über die Schnecke von Säugetieren.

1871. LEYDIG. Über das Ohr der Gastropoden. I. GOTTSTEIN. Über den Bau und die Entwickelung der Schnecke von Säugetieren. C. HASSE: 1) Das knöcherne Labyrinth vom Fröschen. 2) Das Ohr der Schildkröte. 3) Das Ohr der Vögel. E. CLASON. Das Ohr der Eidechsen. HENSEN, RETZIUS u. a.

1872. G. RETZIUS. Über das Labyrinth. LACAZE-DUTHIERS. Otocystes. WALDEYER. Über das Ohr in Strickers Handbuch. GOLDSCHEIN. Mikroskopischer Bau der Schnecke. U. PRITCHARD. Über die Schnecke. V. EBNER. Das Epithel der cristae acusticae. W. WALDEYER. N. acusticus und Schnecke. C. HASSE. Das Ohr der Fische. RÜDINGER. Über das häutige Labyrinth. NUEL. Die Schnecke der Säugetiere. H. KETEL. Das Ohr von Cyklostomen.

1873. C. HASSE. Das Ohr 1) bei Kaninchen, 2) von coluber natrix, 3) von siridon pisciformis, 4) der Bau des häutigen Labyrinthes bei den Wirbeltieren, 5) die Lymphwege des inneren Ohres, 6) die Schwimmblase der Fische. A. CARL. Utriculus und sacculus.

1874. CRUM BROWN. Über die halbkreisförmigen Kanäle. M. LAWDOWSKI. Über die Histologie des Endapparats des n. acusticus.

1875. A. MAYER. Das Ohr von culex musquito. RANKE. Das Ohr von Petrotrachea. HORBACZEWSKY. Nervus vestibularis. UTZ. Histologischer Bau der häutigen Bogengänge. RETZIUS u. AXEL KEY, A. MOREAU, WIEDERSHEIM u. a.

1876. U. PRITCHARD. 1) Endigung des n. acusticus. 2) Das Cortische Organ. P. MEYER. Das häutige Labyrinth. W. MOLDENHAUER, AXEL KEY u. RETZIUS, WEBER-LIEL, ZUCKERKANDL, RÜDINGER, MILNE EDWARDS u. a.

leistet. Zur Bestimmung ihrer Schwingungen wurde zuerst durch POLITZER die graphische Methode angewandt.[98]) Derselbe konnte, indem er ein

---

1877. A. KUHN. Das häutige Labyrinth von Knochenfischen. RÜDINGER. Aquaeductus vestibuli u. a.

1878. NUEL. Über die Schnecke. V. HENSEN. Cupula terminalis. G. RETZIUS. Das Ohr der Knorpelfische.

1879. F. DERCUM. Morphologie der Bogengänge. WEBER-LIEL. Über die Endolymphe. AXEL KEY u. G. RETZIUS.

1880. A. KUHN. Über das Ohr der Amphibien. GELLÉ. Über die Schnecke. A. CISOW. Das Ohr v. Ganoiden. G. RETZIUS. Das Ohr von Wirbeltieren. MOOS u. STEINBRÜGGE.

1881. A. KUHN. Das Ohr von Reptilien. C. HASSE. Über die Lymphwege. C. RETZIUS. Dies umfangreiche Werk hat zwei Teile. 1881 erschien der I. Teil. Das Ohr der Fische und Amphibien. 1884 der II. Teil. Das Ohr von Reptilien. Vögeln u. Säugetieren. G. RETZIUS. Über den Endapparat des n. Acustins. U. PRITCHARD. Das Ohr von Ornithorrhynchus platypus. I. IBSEN. V. HENSEN, H. STEINBRÜGGE u. a.

1882. G. RETZIUS: 1) Zur Histologie der häutigen Schnecke des Kaninchen. 2) Die Schnecken von Polypterus bichir und Calamoichtys calabricus. 3) Über die Gestalt des menschlichen häutigen Labyrinths. 4) Über die Gefäfse des häutigen Labyrinths. G. FERRI. crista acustica. A. TAFANI. Gehörepithel. G. CINISELLI. Über die Histologie des Ohrs. BÖTTCHER u. a.

1883. H. STEINBRÜGGE. Über die membrana Reifsneri u. A.

1884. C. HASSE. Kritische Analyse des umfangreichen Werkes von G. RETZIUS über das Ohr. H. STEINBRÜGGE. Über die Zellen des CORTIschen Organs. P. COYNE und G. FERRÉ. Cupula terminalis. I. CHATIN. Über die Gehörzellen. ZUCKERKANDL u. a.

1885. A. TAFANI. CORTIsches Organ der Affen. H. STEINBRÜGGE. Über die cupula terminalis des Menschen. H. SCHWALBE. Handbuch der Anatomie der Sinnesorgane. VOLTOLION. G. STEINBRÜGGE. Über die Korrosionsmethoden des Ohrs. SAPPEY, KUHN u. a.

1886. C. HASSE. Die Schnecke der Lamina spiralis. A. BÖTTCHER. Kritischer Überblick der anatomischen Arbeiten über das Ohr. G. SCHWALBE. Über die Sinnesorgane u. a.

1887. G. SCHWALBE. Über die Gefäfse der Schnecke. A. BÖTTCHER. Fortsetzung seines kritischen Überblicks. KATZ. Über die Präparation des häutigen Labyrinths. BULL, BARTH, TARTAROFF, LANNIOS, RÜDINGER u. a.

1888. M. RÜDINGER: 1) Über die Entwickelung des Ohrs. 2) Über das Neuroepithel des Labyrinths. KATZ. TOMSON D'ARCI, GRADENIGO, BERTHOLD u. a.

1889. BRIDGE. KATZ. Über die Endigung des nervus cochleae im CORTIschen Organ. SARASIN u. a.

1890. G. SCHWALBE. Über das Ohr der Vögel. ALEX. COGGI. Über den Ductus endolymphaticus. K. SIEBENMANN. Über die Korrosionspräparate des menschlichen Ohrlabyrinths. BARTH. Zur Anatomie der Schnecke. KATZ. Über die Endigung des n. cochlearis. H. MITROFANOW. 1) Über Seitenorgane, 2) über die Entwickelung des Gehörorgans bei den niederen Wirbeltieren. N. RÜDINGER. Über die die macula acustica bedeckende Membran. MOOS. Sammlung mikroskopischer Ohrpräparate.

[98]) POLITZER. Über den Einfluss der Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle auf die Druckverhältnisse des Labyrinthinhaltes. Wiener medicinische Wochenschrift. p. 192. 1862. Beiträge zur Physiologie des Gehörorgans. Sitzungsberichte

kleines mit einer gefärbten Flüssigkeit gefülltes Manometer in einen Bogengang einführte, deutlich die Bewegungen der Endolymphe beobachten. HELMHOLTZ[99]) schlug das Mikroskop zur Beobachtung der feinen Bewegungen der Gehörknöchelchen vor. Noch präzisere Resultate erlangten MACH und KESSEL*) mit der stroboskopischen Methode. Sie konnten am lebenden Menschen (mit Hilfe eines eigentümlichen Apparats) die Schwingungen des Trommelfells beobachten, nachdem sie dasselbe mit feinem Goldbronzesand bestreut hatten. Mit der Einführung dieser Methoden in die experimentelle physiologische Akustik war ein weiterer Schritt in der objektiven Anschauung einiger komplizierter Erscheinungen während des Hörens gethan.

Alle folgenden physiologischen Arbeiten bestanden in der Hauptsache in *hypothetischen* Erklärungen der eigentümlichen Symptome, welche von Seiten der Bogengänge nach ihrer Verletzung aufzutreten pflegen. Erst gegen das Ende der achtziger Jahre scheint es, als ob neues thatsächliches Material für eine wahrscheinlichere Erklärung von der Funktion der Bogengänge geschaffen worden wäre, wenn sich dasselbe nicht etwa noch als das Resultat unzuverlässiger Beobachtungen herausstellen sollte.

Die Frage hinsichtlich der Schnecke ist auf demselben Standpunkte geblieben, wie sie früher war.

Über die Funktion des sacculus und des utriculus existiert gegenwärtig eine sehr wahrscheinliche Vermutung (von H. BREUER), wie wir dies aus der ferneren Darstellung der Ansichten über die Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths sehen werden.

---

der Wiener Akademie. S. 427. 1861. Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgane im gesunden und kranken Zustande. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. I 1864. pp. 58—73, 319—352. An das Hammer-Ambosgelenk wurde ein äufserst feines Glasfädchen befestigt, welches beim Schall in Schwingungen geriet und dieselben auf einem drehbaren, berufsten Cylinder aufzeichnete.

[99]) A. H. BUCK. Versuch über die Schwingungen der Gehörknöchelchen. Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. V. p. 63. 6. August. 1869.

HELMHOLTZ u. BUCK sind der Ansicht, dafs das POLITZERsche Glasfädchen zu einer genauen Beobachtung nicht geeignet sei, da dessen Schwere, sowie dessen Neigung zu schwingen, nicht ohne Einflufs auf das Resultat der Beobachtung bleibe. Nach dem Rate von HELMHOLTZ streute BUCK auf das Hammerköpfchen und den Amboſs Stärkemehl. Bei einer Vergröſserung von 30—40 sah man, wie die einzelnen Stärkekörner zur Zeit der Schwingungen sich in Linien anordneten, nach deren Lage man die Schwingungsrichtung bestimmen konnte.

*) MACH u. KESSEL. Beiträge zur Topographie u. Mechanik des Mittelohrs. Sitzungsber. der Wiener Akademie. III. Wien. 1874.

II.

Über die Funktionen der Schnecke.

Aus dem historischen Überblick haben wir ersehen, dafs viele Vermutungen und Hypothesen über die Funktion der Schnecke angestellt worden waren. Einige derselben wurden trotz ihrer scheinbaren Richtigkeit immerhin ohne eine genügende Grundlage von Beweisen und Thatsachen aufgestellt. Helmholtz gelang es nun, auf eine Reihe von Erscheinungen hinzuweisen, welche einigen von diesen Hypothesen eine gewisse Unterlage bieten.

Hypothese von Helmholtz (1857, 1858, 1863, 1870, 1877).[96])

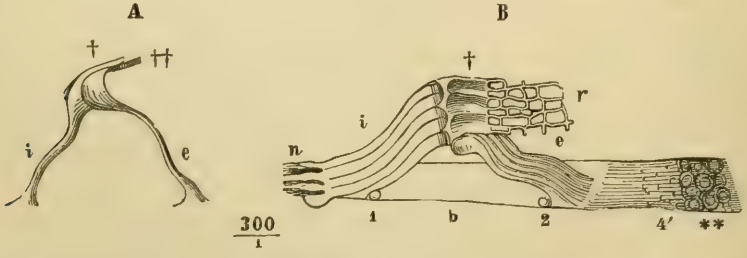
Als Grundlage dieser Hypothese dient die längst bekannte Erscheinung (Kircher 1673, Du Verney 1683 u. a.) der Konsonanz (des Mittönens, Mitschwingens), welche darin besteht, dafs, wenn irgend ein tönender Körper (ein Klavier, ein Blasinstrument, eine Geige u. s. w.) einen Ton von sich giebt, alle in der Nähe befindlichen Körper, welche in Schwingungen zu geraten und denselben oder einen ähnlichen Ton zu produzieren im stande sind, ebenfalls tönen. So werden z. B., wenn man auf dem Klavier bei gehobenem Pedal (Sourdine) irgend einen tiefen Ton kräftig anschlägt (c) zugleich mit diesem die näher befindlichen verwandten Saiten ebenfalls tönen (1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 u. s. w. d. h. c : c′ : g′ : c″ : g″ u. s. w. der Grundton, dessen Oktave die nächste Quinte, die zweithöhere Oktave, die grofse Terz dieser Oktave, die Quinte derselben u. s. w.). Diese Erscheinung läfst sich auch dem Auge sichtbar machen dadurch, dafs man auf die Saiten leichte Papierreiter setzt. Es werden dann auf den einen Saiten, welche mit dem gegebenen Tone verwandt sind, die Streifen zittern und schliefslich herunterfallen, während sie auf den anderen,

welche mit dem angeschlagenen Tone nicht verwandt sind, stehen bleiben, selbst wenn sie auch der angeschlagenen Saite näher liegen sollten.

Man braucht das Pedal nur zu verlassen, damit diese Erscheinung des Nachklingens aufhöre. Statt des Klaviers kann man zum Zweck der Beobachtung der Konsonanz zu Stimmgabeln, welche auf Resonanzschachteln befestigt sind, greifen. Um die hierbei in Frage kommenden Schwingungen für das Auge sichtbar zu machen, kann man in die Nähe der Stimmgabel eine auf einem Cylinder gespannte Membran bringen, auf deren Oberfläche feiner Sand ausgestreut ist. Derartige Membranen geraten sehr leicht in konsonierende Schwingungen bei allen möglichen Tönen, wobei der Sand sich in verschiedene Figuren (Chladnische Figuren) verteilt. Aber bei einem bestimmten Tone schwingt die Membran am stärksten, und zwar wenn der betreffende Ton möglichst dem sogenannten Eigenton der Membran entspricht.

Einer ähnlichen konsonierenden Schwingung sind alle Ohrteile unterworfen, einige der letzteren aber ganz besonders. Corti (1851) hat in der Schnecke eigentümliche mikroskopisch kleine Gebilde, nämlich kleine *) elastische Bogen darstellende Fasern beschrieben. Dieselben sind in einer Reihe angeordnet, nach Art von Klaviertasten und stehen mit ihrem einen Ende in Verbindung mit dem Gehörnerven, während das andere Ende mit einer straff gespannten Membran (mit dem membranösen Teil der Spiralplatte) in Verbindung ist. Jedes von diesen Gebilden nun ist auf einen bestimmten Ton gestimmt und gerät *am stärksten* in konsonierende Schwingungen bei diesem Tone. Koelliker hat in der menschlichen Schnecke circa 3000 derartiger Gebilde gezählt. Wenn von dieser Zahl 200 Fasern zur Perception von unmusikalischen Schallempfindungen bestimmt sind, so blieben demnach noch 2800 Fasern für die Wahrnehmung der Töne von sieben Oktaven übrig. Hiernach würden auf jede Oktave 400 Fasern kommen und auf jeden halben Ton $33^1/_3$ Fasern. Diese Anzahl ist vollständig genügend zur Perception kleiner Teile eines Halbtons, soweit eine solche möglich ist. Folgende Umstände sprechen zu Gunsten dieser Hypothese:

Fig. 59 (nach Corti).



*) A. Äufseres und inneres Stäbchen in Verbindung, Profilansicht. B. Membrana basilaris (b) mit den terminalen Nervenbündeln (n) und den inneren und äufseren Stäbchen (i u. e). 1 innere, 2 äufsere Bodenzelle. 4' Anheftungen.

1. Die allererste und elementarste Eigenschaft des Ohres besteht darin, die *Geräusche* von den *musikalischen Tönen* zu unterscheiden. Dies geschieht bei einiger Aufmerksamkeit, ohne dafs das Ohr sich hierzu irgend eines Instrumentes zu bedienen braucht. Ferner, wenn ein und derselbe Ton durch verschiedene Instrumente hervorgebracht wird, oder wenn derselbe auch gesungen wird, so wird er, selbst bei gleicher Stärke und Höhe, aus jedem Instrument anders klingen. Die hier in Betracht kommenden Nüancierungen, an welchen man das spielende Instrument erkennen kann, nennt man die Klangfarbe — (timbre). — Früher suchte man diese Eigentümlichkeit durch eine verschiedene *Schwingungsform* zu erklären. Wenn wir aber aufmerksam dem hervorgebrachten Ton zuhören, so werden wir durch eine Erscheinung unvermutet frappiert werden, welche schon lange einigen Musikern bekannt und durch den Physiker Thomas Young hervorgehoben ist. Wir hören nämlich zunächst den ursprünglichen tieferen Ton, danach aber eine ganze Reihe anderer höherer Töne, welche in ihrer Gesamtheit einen angenehmen Eindruck hervorbringen. Auf diese Weise sehen wir, dafs unser Ohr einen zusammengesetzten Ton (Klang) in eine Reihe von einfachen Tönen, Teiltönen, Partialtönen zerlegt.

Den ursprünglichen einfachen Ton nennen wir *Grundton* (générateur, Rameau und d'Alembert 1762) zum Unterschied der übrigen hohen einfachen harmonischen *Obertöne* (harmoniques).

Das Gesetz, nach welchem die Töne durch das Ohr analysiert werden, ist durch G. S. Ohm bestimmt worden. Jede Luftbewegung, welche einer zusammengesetzten tönenden Masse entspricht, stellt eine Summe von einfachen pendelartigen Schwingungen dar, wobei jeder einfachen Schwingungszahl nur *ein* Ton entspricht, dessen Höhe von der Zeitdauer (Anzahl) der Schwingungen abhängen wird. Es gibt unendlich viel Formverschiedenheiten der Luftbewegung, welche in einzelne pendelartige Schwingungen zerlegt werden können. Alle diese Formen entstehen aber nach dem Gesetz von Fourier. Jede regelmäfsige periodische Luftbewegung kann als eine Summe einfacher Schwingungen angesehen werden, deren Zahl ein-, zwei-, drei- u. s. w. mal gröfser sein wird als die Zahl der gegebenen einfachen Luftbewegung. Wenn wir nun dieses Gesetz für die Erklärung der akustischen Erscheinungen im Ohr anwenden wollen, so werden wir zu folgendem Resultat gelangen: Jede Luftbewegung, welche in den äufseren Gehörgang gelangt und welche einem musikalischen Klange entspricht, kann nur als die Summe einer bestimmten Anzahl einfacher Schwingungen, welche den einzelnen einfachen Tönen (Partialtönen) des gegebenen musikalischen Klanges entsprechen, dargestellt werden.

Nun könnte aber ein Zweifel darüber entstehen, ob in der That das Ohmsche Gesetz der Wirklichkeit entspräche und ob es nicht viel-

mehr das Resultat einer mathematischen Annahme sei, welche die Berechnung erleichtere. —

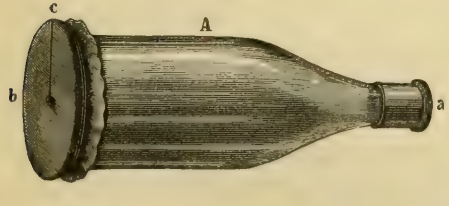
Um diesen Zweifel zu beseitigen, ist es vor allem notwendig, folgende Frage zu lösen: kann man aufser mit dem Ohre die Zerlegung des zusammengesetzten Tones in einzelne einfache Töne auch in der Aufsenwelt erreichen?

Die höher oben erwähnten Erscheinungen der Konsonanz weisen auf die Möglichkeit hin, dafs ein zusammengesetzter Ton, in seine Bestandteile auch in dem uns umgebenden Medium zerlegt werden könne. Sehr deutlich kann man die Zerlegung einer zusammengesetzten Luftbewegung in pendelartige Schwingungen mit folgendem einfachen Apparat beobachten: Auf eine ihres Bodens beraubte Flasche*) wird an Stelle des Glasbodens eine Membran gespannt und an ihren Rand mittelst einer Schnur ein Kügelchen, welches das Centrum dieser Membran berührt, befestigt. Das Kügelchen springt nun bei den Klängen jedesmal von der Membran ab. Dies beweist, dafs die theoretische Annahme der Mathematiker der Wirklichkeit entspricht.

Indem wir nun das Gesetz der Konsonanz auf die Schnecke anwenden, müssen wir uns den Vorgang folgendermafsen vorstellen: Der einfache Ton wird vor allem und am stärksten diejenige Cortische Faser in Schwingungen versetzen, welche auf diesen Ton abgestimmt ist, und danach eine Reihe anderer auf diesem Tone verwandte Töne abgestimmte Fasern (z. B. diejenigen, welche auf höhere und tiefere Oktaven abgestimmt sind). Dank einer solchen Einrichtung kann jeder zusammengesetzte musikalische Ton im Ohr in seine einzelnen Bestandteile zerfallen. Hierbei wird am stärksten diejenige Faser, welche dem Grundton entspricht und in geringererem Grade werden diejenigen Fasern schwingen, welche die Obertöne zum Bewufstsein zu bringen haben. Von der *Anzahl* der durch die Obertöne in Schwingungen versetzten Fasern wird die charakteristische Nüancierung, der Timbre, abhängen. Auf diese Weise wird z. B. auch der Akkord zunächst in seine Klänge, und diese wiederum in ihre harmonischen Töne zerlegt werden.

2. Wenn Gammen und Triller gespielt werden, so zeigt sich, dafs unser Ohr nicht innerhalb aller Oktaven bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Spiels gleichmäfsig scharf die nacheinander folgenden Töne wahr-

Fig. 60.



*) „A ist eine Glasflasche, deren Mündung bei a offen ist, ihr Boden bei b ist weggesprengt, und an seiner Stelle eine Membran (nasse Schweinsblase, die man, nachdem sie aufgezogen und befestigt ist, trocknen läfst) aufgespannt. Bei c ist mit Wachs ein Kokonfädchen befestigt, welches ein Siegellack-Tröpfchen trägt.“ (Nach HELMHOLTZ p. 71, 4. Aufl. 1877.)

nimmt. Bei den tieferen Noten mufs man, um eine vollkommenere Wahrnehmung zu ermöglichen, das Spiel etwas verlangsamen. Bei den Trillern kann man 8 bis 10 Schläge in der Sekunde ausführen, sodafs auf jeden Ton 4 bis 5 Schläge kommen. Bei dieser Spielgeschwindigkeit werden die einzelnen Töne der gröfseren Hälfte der musikalischen Skala ganz präzis mit unserem Ohr wahrgenommen. Die Triller der Töne, welche tiefer als A und in der Contra-Octave sich befinden, werden bei derselben angegebenen Spielgeschwindigkeit schlecht wahrgenommen werden, grob erscheinen, die einzelnen Töne werden hierbei zusammenfliefsen und sich in einander mischen (Verschmelzung des Tones). Daher mufs hier langsamer gespielt werden.

Diese Erscheinung läfst sich nicht blofs durch die Konstruktion des Instrumentes erklären, auf dem die Gammen oder Triller gespielt werden (Klavier — Physharmonika — Violoncell), da Triller der tieferen Noten keineswegs schwerer hervorzubringen sind, als diejenigen der höheren Noten. Daher mufs man die Erklärung dieser Erscheinung in der Struktur unseres Ohres suchen, welches nicht in gleichem Mafse seine Dämpfungsvorrichtungen für höhere und tiefere Töne beherrscht. Diese Erscheinung weist ferner daraufhin, dafs im Ohre eine bestimmte Einteilung existiert für die Wahrnehmung von scharf nacheinanderfolgenden Tönen im allgemeinen und der musikalischen im besonderen und dafs es hier verschiedene Teile gibt, welche durch die Töne verschiedener Höhe in Schwingungen versetzt werden.

Wie soll diese Erscheinung erklärt werden? Wir haben gesehen, dafs ein elastischer Körper durch einen tönenden Körper in Schwingungen versetzt wird. Nach Beseitigung des erregenden Tones wird der elastische Körper noch einige Schwingungen ausführen (Nachklang), wobei die Zahl der Schwingungen derjenigen seines Eigentons gleich sein wird.

Diejenigen Körper, welche lange nachschwingen, geraten auch sehr leicht in Konsonanz (und umgekehrt), weil bei diesen es nur unbedeutender Stöfse des erregenden Tones bedarf, um den betreffenden Körper zum Schwingen zu bringen. Nimmt man z. B. an, dafs ein Körper nach Beseitigung des erregenden Tones in den Ruhezustand nach 10 Nachschwingungen zurückkehrt, so ist, um denselben beim Tönen zu erhalten, durchaus notwendig, dafs die erregenden Stöfse schon in einem Zeitpunkte sich wiederholen, in welchem der elastische Körper seine 10 Nachschwingungen noch nicht ausgeführt hat. Aufserdem müssen besagte Stöfse mit den Schwingungen des Körpers synchronisch sein. —

Ganz derselbe Prozefs spielt sich auch im Ohre ab. Da die Nachschwingungen, welche durch die Fasern des Corti'schen Organs ausgeführt werden, für die Deutlichkeit der Tonwahrnehmung nachteilig sein können, so müssen sie auf irgend eine Weise aufgehoben, *gedämpft* werden. Dies geschieht nun aber, wie wir es höher oben gesehen haben, nur für die

gröfsere Hälfte der musikalischen Scala, da ja bei Trillern in den tieferen Noten noch ein Verschmelzen der Töne stattfindet. Nur dann werden 2 schnell hintereinander folgende Töne, wie dies bei Trillern der Fall, als zwei verschiedene Töne gehört werden, wenn der eine *fast* aufgehört hat zu klingen, bevor der zweite beginnt. Dieser Thatsache kann man sich bedienen, um die konsonierende Schwingungsfähigkeit der einzelnen Teile des Labyrinths zu bestimmen. Welche Teile sich derselben hauptsächlich unterziehen, ist schwer zu entscheiden. Die Otolithen, welche in schleimiger Flüssigkeit suspendiert sind, sind kaum geeignet, regelmäfsige Schwingungen empfinden zu können; sie sind jedenfalls vielmehr zur Perzeption der Stöfse da. Dasselbe kann von den Hörhärchen in den Ampullen gesagt werden, da ja Körper von einer so unbedeutenden Masse anhaltende Schwingungen auszuführen nicht im stande sind. Demnach verbleiben nur noch die Cortischen Fasern, denen die Möglichkeit, leicht in selbständige Schwingungen zu geraten, zuerkannt werden mufs, übrig. Dafs die Nachschwingungen ganz und gar gedämpft werden, ist zum vollständigen Eindruck des Tones nicht notwendig. Man kann auf Grund einiger Berechnungen (hierbei kann man nur von annähernden Berechnungen sprechen) die Vermutung aussprechen, dafs es genügend ist, $^1/_{10}$ dieser Nachschwingungen abzudämpfen, damit der Nervenreiz erlösche und damit die Verschmelzung schnell hintereinander folgender Wahrnehmungen nicht erfolge.

3. Nach den Beobachtungen von E. H. Weber sollen geübte Musiker im stande sein, die Verschiedenheit in der Höhe zweier Töne zu erkennen, deren Schwingungszahl ein Verhältnis von 1000 : 1001 darstellt. Dies würde $^1/_{64}$ eines Halbtons ausmachen (auf den Halbton kommen $33^1/_3$ Fasern), eine Zahl, welche noch geringer ist als diejenige, welche der Entfernung zweier Cortischer Fasern von einander entspricht.

Diese Erscheinung widerspricht jedoch keineswegs der Hypothese, weil in dem Falle, da die Höhe des Tones keiner der beiden Fasern entspricht, beide Fasern gleichzeitig in konsonierende Schwingung geraten, aber dasjenige Gebilde stärker, dessen Eigentone der gegebene Ton näher verwandt ist. Hier hängt alles von dem Empfindungsgrad der beiden Nervenfasern ab, welche die Schwingungen zu perzipiren haben und somit eine auch noch so unbedeutende Verschiedenheit in der Höhe zweier Töne bestimmen.

Diesem Umstande haben wir es zu verdanken, dafs wir bei fortschreitender Höhe des äufseren Tones keine jähen Sprünge in unseren Empfindungen wahrnehmen, was unbedingt der Fall sein müfste, wenn immer nur eine Cortische Faser in Konsonanz geriete.

4. Wenn man zu gleicher Zeit zwei Töne klingen läfst, welche um ein halbes Intervall (oder noch weniger) von einander verschieden sind, so wird das Ohr eine Reihe einzelner Stöfse wahrnehmen, welche um so seltener hintereinander folgen werden, je geringer das Intervall der

beiden Töne ist. Diese Erscheinung nennt man Schwebung (battements). Dieselbe hat ihren Grund in der Interferenz der Schallwellen, bei welcher die Wellenthäler mit bestimmten Punkten der Wellenberge zusammenfallen. Hierdurch entsteht eine abwechselnde Verstärkung und Abschwächung der Töne; infolge dessen erhält man einen abgebrochenen Eindruck oder das Gefühl der Dissonanz. Je mehr die beiden Töne einander sich nähern, um so schärfer tritt die Erscheinung der Schwebung hervor, weil es hier einer längeren Zeitdauer bedarf, damit der höhere Ton dem tieferen um eine ganze Schallwelle zuvorkäme. Die Zahl der Schwebungen in der Sekunde wird der Differenz der Zahl der Tonschwingungen gleich sein. Die Erscheinung der Schwebung erreicht ihr Maximum bei 33 Schwingungen in der Sek. (z. B. c''—h' = 528—495 = 33). In den tieferen Registern sind die Schwebungen nicht so auffallend. Am schärfsten wird die Dissonanz im Mittelregister wahrgenommen, sie verschwindet vollständig im hohen Register.

Die Erscheinungen der Schwebung erhält man am besten, wenn man sich hierzu zweier Stimmgabeln bedient; doch kann man dieselben auch mit jedem beliebigen Instrumente beobachten. Aufserdem läfst es sich vermittelst der graphischen Methode feststellen, dafs die Schwebungen kein subjektives Gefühl sind, sondern dafs sie genau ebenso auch in der Aufsenwelt existieren.

Auch in der Schnecke müssen während des Klingens zweier Töne zwei nicht zu entfernt von einander liegende elastische Gebilde des Gehörnerven, welche auf die Höhe dieser Töne abgestimmt sind, schwingen. Man darf aber, weil die Erscheinung der Schwebung am schärfsten nur in einem bestimmten Teil der musikalischen Scala beobachtet wird, dieselbe nicht durch eine Unzulänglichkeit in der Dämpfungsvorrichtung für die Nachschwingungen erklären. Hier ist eine zweifache Erklärung zulässig.

a) Die Dämpfung der Nachschwingungen bei den hoch gestimmten Cortischen Fasern ist eine schwächere. Für diese Vermutung spricht der Umstand, dafs sehr kurze Saiten und kleine metallische Plättchen sehr schnell mit ihren Schwingungen mit hohen kurzen Tönen aufhören, während Körper von gröfseren Dimensionen viel längere Zeit schwingen.

b) Schnell nach einander folgende Schwebungen werden vom Nerven nicht wahrgenommen. Für diese wahrscheinlichere Erklärung sprechen auch an anderen Sinnesorganen beobachtete Thatsachen, hauptsächlich solche, welche an den Augen beobachtet worden sind. Bekannt ist es, dafs das Auge Lichtreize als einzelne Eindrücke nur dann unterscheidet, wenn ihre Zahl 24 in der Sekunde nicht überschreitet. Bei einer schnelleren Nacheinanderfolge erhält man nur einen verschwommenen Eindruck. Hierin ist das Ohr dem Auge überlegen. Als annähernde Grenze der Wahrnehmung der einzelnen Eindrücke für das Ohr kann man $^1/_{132}$ Sek. annehmen. Demnach ist die Vermutung eine berechtigte,

dafs die Erscheinung der Schwebung in der ganzen Skala infolge allzuschneller Nacheinanderfolge der Eindrücke nicht gehört werden.

5. Die Geräusche werden nicht mit der Schnecke gehört, mittelst welcher musikalische Töne zu unserer Wahrnehmung gelangen, sondern mit dem Vorhof und den Ampullen, deren Gestalt und deren Nervenausbreitung mit den darin suspendirten Otolithen besser für die Wahrnehmung von Stöfsen und unregelmäfsigen Schwingungen eingerichtet sind. (Nähere Begründung: Siehe die Kapitel über die Bogengänge.)[96])

Nachdem Helmholtz im Laufe der Zeit sich davon überzeugt hatte, dafs seine auf mittönenden Schwingungen der Cortischen Fasern beruhende Hypothese eine Kritik nicht aushält, suchte er die akustischen Erscheinungen durch die Hypothese der Schneckensaiten zu erklären, deren Richtigkeit er durch einige mathematische Schlufsfolgerungen zu beweisen suchte (1869).

Einwendungen, welche gegen die Helmholtzsche Hypothese erhoben worden sind.

A. Anatomische Thatsachen, welche im Widerspruch zur fundamentalen Grundlage der Hypothese **Helmholtzs** stehen:

Einwand **Hensens** (1863).[100])

1. Man kann mit HELMHOLTZ darin, dafs es die Cortischen Bogenpfeiler sein sollen, welche in consonierende Schwingungen geraten, *nicht* übereinstimmen. Hierher bezügliche Messungen haben erwiesen, dafs die Höhe

---

[96]) Aufl. II. p. 218. „Es hat wohl eine wichtige Bedeutung für das Gehör, dafs wir so verschiedenartige Endapparate an den Nerven finden. Elastische Gebilde mit starker Dämpfung werden durch vorübergehende Stöfse und Strömungen des Labyrinthwassers verhältnismäfsig stärker afficiert werden als durch musikalische Töne. Sie werden also namentlich der Wahrnehmung schnell vorübergehender unregelmäfsiüer Erschütterungen, also der Empfindung der Geräusche dienen können, dagegen werden schwächer gedämpfte elastische Körper durch einen musikalischen Ton von entsprechender Höhe viel stärker erregt werden, als von einzelnen Stöfsen. Unser Ohr ist beider Leistungen fähig und wir dürfen wohl vermuten, dafs dies auf der Existenz der verschiedenartigen Endorgane beruht, dafs also die Nervenausbreitungen im Vorhofe und den Ampullen für die Wahrnehmung der Geräusche, die CORTIschen Fasern für die der musikalischen Töne dienen".

Die Theorie HELMHOLTZs ist sehr übersichtlich zusammengestellt in dem Werke von Prof. ERNST MACH: Einleitung in die HELMHOLTZsche Musiktheorie. Populär für Musiker dargestellt. Mit 14 Holzschnitten in Text und 2 Tafeln. p. 1 bis 98. Graz 1866.

[100]) V. HENSEN. Zur Morphologie der Schnecke des Menschen und der Säugetiere. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XIII. p. 483—512. Taf. XXXII—XXXIV. 1863. 10. Dez.

der Bogenfasern in ihrer ganzen Ausbreitung in der Schnecke beinahe überall gleich ist und nicht progressiv abnimmt. Dies müfste der Fall sein, wenn sie auf Töne verschiedener Höhe abgestimmt sein sollten.

2. Die Nervenfasern des Acusticus stehen nicht mit den Bögen, sondern mit den Zellen, welche aufserhalb und innerhalb derselben ausgebreitet sind, im Zusammenhang.

3. Die einzige Möglichkeit der Mitteilung der Schallschwingungen an die Zellen wäre nur durch die Vermittlung der saitenähnlichen Fasern verschiedener Länge der Membrana basilaris denkbar.

Einwand C. Hasses (1866).[101])

Wenn die Cortischen Bogenfasern in der That zur Tonwahrnehmung notwendig wären, wie dies von HELMHOLTZ behauptet wird, so müfsten sie auch in der Vogelschnecke vorhanden sein, welche doch, nach vielen Einzelnheiten zu urteilen, derjenigen der höheren Tiere ähnlich ist. Dies genüge zum Beweise, dafs die Bogenfasern im Prozefs der Gehörwahrnehmung eine passive Rolle spielen. Die Bestimmung dieser Fasern sowohl wie auch der Membrana reticularis ist jedenfalls die, die Zellen des Endapparates in der bekannten Lage zu stützen (Stützlamellen).

STUMPF (1890) teilt die Ansicht HASSE's nicht.[102]) HASSE hatte durch seine Beobachtungen keineswegs erwiesen, dafs die Vögel und die Amphibien einzelne Akkordtöne unterscheiden könnten, oder dafs sie weniger deutlich Triller der tieferen Noten als diejenigen der höheren wahrnehmen.

Einwurf O. Baers (1872).[103])

Durch möglichst präzise Zählungen und Messungen wird erwiesen, dafs die Anzahl der inneren Bögen durchaus nicht derjenigen der äufseren entspricht, sie verhalten sich vielmehr nach WALDEYER im Verhältnis von 3 : 2. Wenn man hierzu noch in Betracht zieht, dafs diese Bögen keineswegs so elastisch, wie HELMHOLTZ dies voraussetzt, sind, und mit einander sowohl, wie auch mit der Membrana basilaris, fest zusammengefügt sind, so leuchtet die Unmöglichkeit einer isolierten Übermittlung der Schwingungen an die Nervenenden vollständig ein. Wahrscheinlicher ist es, dafs die Haare der Haarzellen des Nervenendapparates durch die Töne in Schwingungen versetzt werden.

---

[101]) C. HASSE. De cochlea avium. Diss. Kiel. 1866. — Die Schnecke der Vögel. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. XVII, 1. H. 1866 17. Dez. p. 56—106 (p. 97). Taf. VII, VIII, IX. — Nachträge zur Anatomie der Vogelschnecke. Bd. XVII, 3. H. p. 461—469. Taf. XXVII. 1869 den 4. Juli.

[102]) CARL STUMPF. Tonpsychologie. Bd. I. p. 1—427. 1883. Leipzig. Bd. II. p. 1—582 Mit Register zum I. u. II. Band. 1890.

„Die Beobachtungen HASSEs über Vögel und Amphibien bilden an und für sich keinen *zwingenden* Grund, die ältere HELMHOLTZsche Ansicht über die Bedeutung der CORTI'schen Bogen aufzugeben. Denn für die Wahrnehmung der *einzelnen* Töne und gewöhnlicher nicht zu schneller *Folgen* von Tönen brauchten wir überhaupt keine spezifizierten Gebilde im Ohre anzunehmen. Dafs aber Vögel und Amphibien die Fähigkeit besäfsen, die Töne eines Akkords zu unterscheiden, ist nicht erwiesen, ebensowenig, dafs es ihnen mehr Schwierigkeit machte, einen Triller in der Tiefe klarer zu hören als einen in der Höhe u. s. w.“

[103]) OSWALD BAER. Über das Verhältnis des heutigen Standpunkts der Ana-

B. Physiologische und akutische Beobachtungen, welche der Lehre **Helmholtzs** von einer besonderen Abteilung im Labyrinth für die Wahrnehmung von Geräuschen widersprechen:

Einwurf **E. Machs** (1872—3).[104])

Die Frage über die Beziehung der Geräusche zu den Tönen ist zuerst durch MACH aufgeworfen, welcher zeigte, dafs zwischen diesen eine Menge Übergangsstufen vorhanden sind. Ein Ton von 128 ganzen Schwingungen, welcher durch eine langsam rotierende Scheibe erhalten wird, „schrumpft zu einem kurzen trockenen Schlag oder schwachen Knall von sehr *undeutlicher* Tonhöhe“ zusammen, wenn die Zahl der Schwingungen auf 2—3 reduziert ist; bei 4—5 Schwingungen wird die Tonhöhe wieder deutlicher. Dieses Experiment läsft darauf schliefsen, dafs kein eigenes Organ für die Wahrnehmung von Geräuschen existiert.

Einwürfe **Exners** (1876).[105])

Hören wir die Geräusche mit der Schnecke oder ist es richtiger mit HELMHOLTZ ein eigenes Organ für die Perception dieser Schallerscheinungen (den Vorhof, die Ampullen) anzunehmen? EXNER kommt auf Grund seiner Untersuchungen zur Überzeugung, dafs wir im stande sind, gleichzeitig Töne und Geräusche zu hören.

Was nun den Vorhof und die halbkreisförmigen Kanäle mit den Ampullen anbelangt, so mufs man diese Teile als Gleichgewichtsorgane ansehen. Schon deswegen erscheint die HELMHOLTZsche Hypothese wenig wahrscheinlich. Es verbleibt nur noch ein Teil des Labyrinths, und zwar der sacculus sphaericus, auf welchen man die Funktion übertragen könnte, welche von HELMHOLTZ den Ampullen und dem Vorhof zugeschrieben wird.

Als Grundlage der folgenden Untersuchungen dient die Annahme der Konsonanz von einzelnen Teilen der Schnecke. Bevor wir aber zur Darlegung der Untersuchungen schreiten, müssen wir ein *reines* Geräusch ohne irgend ein Tonbeimengsel erlangen können. Unter der Bezeichnung eines Geräusches versteht man zwei vollständig verschiedene Erscheinungen. Unter Geräusch versteht man einerseits eine wilde, ungeordnete Mischung von Tönen, wie sie beim Stimmen von Orchesterinstrumenten wahrgenommen wird, anderseits auch z. B. das Knistern eines elektrischen Funkens. Im ersteren Falle ist das Geräusch physisch aus Tönen zusammengesetzt, welche wir infolge mangelhafter Perceptionsfähigkeit nicht im stande sind zu isolieren. Ein solches Geräusch kann als *subjektives* Geräusch bezeichnet werden. Im zweiten Fall besteht das Geräusch aus einer einzigen Luftwelle, wie dies durch TOEPLER bewiesen worden ist (Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. Bonn bei Cohen 1864) und zeigt auf diese Weise im Gegensatz zum Ton eine aperiodische Bewegung, welche als *objektives* Geräusch bezeichnet werden könnte, da dasselbe keinen Ton enthält.

tomie des CORTIschen Organs zur Theorie der Tonempfindung. Diss. 28 Okt. 1872. 1—27. Taf. I.

[104]) E. MACH. In „Lotos“, Augustnummer 1873. Die Frage von den Geräuschen wurde später noch verfolgt durch: PFAUNDLER, S. EXNER (1876), AUERBACH, BRÜCKE u. s. w.

[105]) SIGM. EXNER. Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. Hierzu Tafel II. PFLÜGERs Archiv. Bd. XIII. p. 228—253. 1876.

Betrachten wir nun eine Reihe akustischer Erscheinungen und versuchen wir, dieselben vermittelst der HELMHOLTZschen Hypothese zu erklären: [106])

I. Zwei vollständig gleiche elektrische Funken, welche alle 0,002 Sek. herüberspringen, werden von unserem Ohr als zwei verschiedene Eindrücke wahrgenommen. Es drängt sich hier die Frage auf: wird eine solche Menge schnell aufeinanderfolgender Eindrücke durch die Schnecke unserem Bewufstsein vermittelt? Dies ist nur in dem Falle möglich, wenn eine bestimmte Faser der Membrana basilaris, nachdem sie aus ihrer Gleichgewichtslage durch die erste Luftwelle gebracht ist, so lange schwingt, bis sie von der zweiten Luftwelle einen neuen Stofs erhält. Hierbei mufs die Intensität der Nachschwingungen soweit reduziert werden als nötig ist, damit die Erregung der zugehörigen Nervenfasern eine merkliche Intermission erleide.

Nehmen wir als Beispiel die höchstgestimmte Schneckenfaser h^4, welche 3960 Schwingungen in der Sekunde ausführt. Wir wissen aus der Untersuchung HELMHOLTZs, dafs eine Schneckenfaser, welche in Schwingungen gebracht und sich selbst überlassen ist, nach 9,5 Schwingungen schon mit $^1/_{10}$ der ursprünglichen Schwingungsintensität schwingt. Wenn wir nun das Gesagte auf diese Faser anwenden, so erhalten wir 7,9 Schwingungen in der Pause zwischen zwei Funken. Diese Zeitdauer ist vollständig hinreichend, um die erste konsonierende Schwingung genügend abzuschwächen im Augenblick, da der Stofs der zweiten Luftwelle erfolgt, sodafs diese Erscheinung sich erklären läfst, auch wenn keine akustischen Endapparate aufserhalb der Schnecke angenommen werden.

II. Um eine Tonwahrnehmung hervorzubringen, ist es durchaus notwendig, dafs die Schneckenfaser eine bestimmte Anzahl Schwingungen ausführe, welche dem gegebenen Tone entspricht. Ein einzelner Luftstofs wird keine Tonempfindung geben. Eine für den Ton abgestimmte Faser wird durch die Summierung von Luftstöfsen eine Tonempfindung hervorbringen, während eine für denselben nicht abgestimmte Faser nie die Empfindung eines Geräusches geben wird. Um dies zu beweisen, mufs man das Experiment derart einrichten, dafs man dem Ohr nach Belieben eine ganz bestimmte Anzahl von Schallwellen zuführen kann. Dies wird auf folgende Weise erreicht:

An einen Kugelresonator war ein Kautschukschlauch angesetzt, der in ein anderes Zimmer führte. Hier safs der Beobachter. Der Kautschukschlauch war mit einem Ansatzstück und Wachs luftdicht in seinen äufseren Gehörgang eingefügt. Der Schlauch konnte in der Nähe des Resonators abgeklemmt werden. Es diente dazu ein länglicher rechteckiger Rahmen, der nach Art des Gewichtes an der Adwoodschen Fallmaschine aufgehängt war. Der Schlauch ging durch den Rahmen durch, sodafs, wenn dieser aufgezogen war, der untere wagrechte Balken des Rahmens den Schlauch von unten her zupreſste; liefs man ihn fallen, so war während des Falles der Schlauch geöffnet und wurde erst wieder zugeklemmt, wenn der obere wagrechte Balken des Rahmens auf den Schlauch auffiel. Die Geschwindigkeit des Falles, also die Zeit, durch welche der Schlauch offen war, konnte nach dem Prinzipe der Fallmaschine variiert werden. Durch diese Vorrichtung war es möglich, ungefähr Zahlen von 0,0269 – 0,0257 Sekunden als Fallzeiten zu erhalten. Die Fallzeit wurde von einer Stimmgabel auf einem berufsten Cylinder bezeichnet.

Das Resultat dieses Versuches war folgendes: Ein Ton von 128 Schwingungen in der Sekunde erzeugte dann die erste Spur einer Tonempfindung,

---

[106]) EXNER. PFLÜGERs Archiv für Physiologie. Bd. XI. p. 417.

wenn 17,1 Schwingungen desselben in das Ohr gelangten. Ein anderer, um eine Oktave tieferer Ton, welcher also 64 Schwingungen in der Sekunde hatte, brauchte fast ebensoviel Schwingungen, nämlich 16,8, um die Tonempfindung zu erzeugen; er mufste also doppelt so lange auf das Ohr einwirken, als der um eine Oktave höhere Ton.

Diese Versuche stimmen vollständig mit der Theorie. Sie zeigen, dafs eine Anzahl von Luftschwingungen nötig ist, um die Schneckenfasern in ein Mitschwingen von solcher Intensität zu versetzen, dafs die dazu gehörigen Nervenfasern in Erregung versetzt werden, welche uns dann in der That die Empfindung des reinen Tones vermitteln. Die Versuche zeigen weiter, dafs die Anzahl dieser Luftschwingungen bei gleicher Intensität derselben für verschiedene Schneckenfasern gleich grofs sein mufs und für den speziell hier angeführten Fall eines mäfsig starken Tones 16—17 beträgt. Hieraus ergibt sich, dafs eine einzige Luftwelle, wie die des elektrischen Funkens eine Tonempfindung nicht erzeugen kann.

III. Durch den vorangegangenen Versuch war ermittelt worden, wie viel Luftwellen nötig sind, um die *minimalste* Tonempfindung zu erzeugen. Nach Veränderung des Versuches dahin, dafs das Zuquetschen des Schlauches nunmehr durch einen Gehilfen mittelst eines Hebels ausgeführt wurde, gelang es, die Maximalzahl der Luftwellen zu bestimmen, welche nötig sind, um das Maximum der Tonempfindung hervorzubringen. Es ergab sich nun, dafs von dem Ton von 128 Schwingungen ungefähr 41 – 51 und für einen Ton von 64 Schwingungen ungefähr 38—46 Schwingungen in das Ohr gelangen müssen, um das Maximum der Tonempfindung zu erzeugen.

Auch dies stimmt ganz wohl mit der Theorie, dafs die Empfindung durch mitschwingende Gebilde vermittelt wird, überein.

Wir haben oben gesehen, dafs eine gewisse Anzahl von Luftschwingungen benötigt wird, um die Schneckenfasern soweit in Mitschwingung zu versetzen, dafs eine Empfindung des betreffenden Tones zustande kommt. Dies spricht eigentlich dagegen, dafs die einzige Welle, welche ein elektrischer Funken in der Luft erzeugt, durch die Schneckenfasern überhaupt percipiert werden kann.

Der Versuch könnte auf zweierlei Weise geschehen. Erstens kann man sagen, dafs die Welle des elektrischen Funkens möglicherweise eine so grofse Amplitude hat, dafs die Schneckenfasern durch dieselbe so weit aus ihrer Ruhelage geführt werden wie bei Einwirkung jenes Tones erst nach der sechzehnten Welle, wie denn klar ist, dafs es von der Intensität der Welle abhängt, wie weit die Schneckenfaser auf den ersten Anstofs ausweicht.

Wenn dem wirklich so ist, so mufs auch das Trommelfell eine ebenso ausgiebige Schwingung gemacht haben.

Um die Schallwellen ersichtlich zu machen, stellt man eine vibrierende Gasflamme her (nach König), wobei die Trommelhöhle die Rolle einer Kapsel, das Trommelfell diejenige einer Membran übernimmt. Die Bewegungen der Flamme müssen hier ein Bild von den Bewegungen des Trommelfells sein. Wenn man nun in den äufseren Gehörgang eines für den Versuch eingerichteten Leichenpräparats nach der oben beschriebenen Weise durch einen Schlauch Schallwellen leitet, so erkennt man, wenn man den Ton dauernd einwirken lässt, an dem Flammenbilde deutliche, wenn auch nicht hohe Wellen.

Wenn man dann den Schlauch entfernt und die elektromagnetische Stimmgabel dem Ohre bis auf einige Meter nähert, in welcher Entfernung ein normales Ohr die Funken, welche zwischen dem Quecksilbernäpfchen und der Stimmgabel überspringen, vollkommen deutlich hört, so sieht man am

Flammenbilde keine Spur einer Vibration, auch dann nicht, wenn man das Präparat bis auf wenige Zentimeter an das Quecksilbernäpfchen heranbringt. Aber auch hier könnte man einwenden, dafs der elektrische Funken eine kaum sichtbare Flammenvibration gäbe. Deswegen wurde der Versuch dahin modifiziert, dafs die Flamme soweit verkleinert wurde, dafs sie bei einer Luftwelle erlöschen mufste. Sie blieb trotzdem brennen, wenn man auf das Trommelfell das Geräusch des Funkens wirken liefs.

Es folgt also daraus: Die Ausweichung, welche das Trommelfell auf eine Welle unseres Tones macht, ist gröfser als die Ausweichung, welche sie auf die Welle eines deutlich hörbaren elektrischen Funkens macht, und weiter: Die Ausweichungen der Schneckenfasern anf die erste Welle unseres Tones sind schon gröfser als die Ausweichuungen derselben auf die Welle des elektrischen Funkens. [Ein kühner Schluss aus einem am Leichenpräparat angestellten Versuch!! D. Übersetzer.]

Der zweite Einwand, es möchten die ersten Tonwellen deshalb nicht empfunden werden, weil ihnen ein nicht unbeträchtliches Geräusch vorausgeht, wird hinfällig, wenn man sich erinnert, dafs es beim hohen und tiefen Ton gleichviel Schwingungen sind, welche benötigt werden, um die minimalste Empfindung zu erzeugen, dafs also die Zeit der Einwirkung des Tones in einem Falle doppelt so grofs ist, wie im anderen. Da das vorausgehende Geräusch in beiden Fällen dasselbe ist, so liefse sich dieser Unterschied nicht erklären.

IV. Alles bisher Gesagte deutet darauf hin, dafs nur eine gröfsere Anzahl von Tonwellen im stande ist, die Schneckenfasern zur Empfindung anzuregen. Nun scheint aber eine Beobachtung dem zu widersprechen. Man läfst das Intervall zwischen zwei überspringenden Funken immer kürzer werden. Dabei hat man die Empfindung, dafs das Geräusch immer höher wird. Umgekehrt, läfst man das Intervall allmählich wachsen, so hat man den Eindruck, dafs das Geräusch tiefer wird. Dabei hört man nichts von einem eigentlichen Ton. Derselbe Versuch läfst sich mit dem SAVARTschen Rade ausführen, wenn man auf demselben nur 3 Stifte stehen läfst. (SEEBECK.)

Allem Anscheine nach spricht dieser Versuch für die HELMHOLTZsche Annahme zweier verschiedener Organe für die Perception der Geräusche und der Töne.

Wir verwickeln uns in keine Widersprüche mit dem, was vorher erörtert wurde, wenn wir voraussetzen, dafs das Zustandekommen und der Grad der Erregung in der Nervenfaser nicht allein abhängt von Elongation der aus ihrer Gleichgewichtslage geführten Schneckenfaser, sondern auch von der Geschwindigkeit, mit welcher die Schneckenfaser ihre Bewegung ausführt.

Schliefslich kommt EXNER zu dem Schlufs: „Während die Empfindung des Tones entsteht, indem wenige Fasern in relativ langsames Mitschwingen geraten, entsteht die Empfindung des objektiven Geräusches, indem sämmtliche Fasern der membrana basilaris mit relativ grofser Geschwindigkeit aus ihrer Lage geschnellt werden."

Einwurf **E. Machs** (1886).[107])

Man kann, wenn auch nicht mit vollständiger Bestimmtheit, so doch bei einiger Aufmerksamkeit die Tonhöhe jedes Knalls, welcher nur durch blofse aperiodische Schwingungen der Luft bedingt ist, wahrnehmen.

[107]) E. MACH. Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena. 1886. p. 118. Die Tonempfindungen.

Wenn man eine mit Knallgas gefüllte Blase in der Nähe eines Klaviers sprengt, wobei man das Pedal hebt, so findet man, dafs die Saiten des Klaviers tönen, und zwar die hohen beim Platzen von kleinen und die tiefen beim Platzen von grofsen Knallgasblasen. Durch diesen Versuch wird erwiesen, dass man eine strenge Grenze zwischen Ton und Geräusch nicht ziehen darf und dafs infolge dessen für Töne und Geräusche eigene percipierende Apparate nicht nötig sind. [108])

Einwürfe **N. Dennerts** (1889). [109])

1. Vor allem darf man weder physische noch physiologische Grenzen zwischen dem Ton und dem Geräusch ziehen. Eine solche Abgrenzung wird hauptsächlich auf dem Unterschied der von uns geprüften Gefühle begründet. Bis jetzt ist es nicht gelungen, nur *ein* Geräusch zu erhalten. Die Versuche TÖPLER's (1864), welcher behauptet, dass der elektrische Funke nur eine Schallwelle hervorbringt, sind noch lange nicht überzeugend genug. Es bleibt die Frage offen, ob die Luft in der That nach einer Schallwelle in den Ruhezustand zurückkehrt. Alle übrigen Geräusche, wie ein Knall, Explosionen, Zusammenschlagen von Büchern und Händen geben mit Hilfe der KÖNIGschen Kapsel oder des BRÜCKEschen Apparates (1884) im rotierenden Spiegel mehrere Flammenvibrationen. Dies wurde dahin erklärt, dafs letztere von den Nachschwingungen der für die Versuche gebrauchten Membranen bedingt wurden. Wenn wir dieselben, wie BRÜCKE, bis zu einer bestimmten Grenze abdämpfen, so erhalten wir trotzdem die Flammenkämme.

2. Wenn man die periodischen Schallwellen kombiniert und hierbei Interferenzerscheinungen hervorbringt (Stöfse, Schwebungen), so erzeugt man hierdurch Geräusche und es kann ein allmählicher Übergang derselben zu musikalischen Tönen herbeigeführt werden. Die Tonschwebungen können nach ihrer Zahl Stösse, oder ein Knarren, oder Schwirren hervorbringen; sie müfsten dann nach der HELMHOLTZschen Ansicht als Geräusch nicht mit der Schnecke, sondern mit einem andern Apparat gehört werden. Wenn man aber anderseits bedenkt, dafs die Schwebungen nach HELMHOLTZ mit der Schnecke gehört werden, so ist die Unhaltbarkeit des Systems erwiesen. Aufserdem hat wohl noch niemand Patienten zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche Tonschwebungen hören und zugleich taub sind für die diese Schwebungen bedingenden Töne.

3. Was würden schneckenlose Individuen zu hören im stande sein? Man wird wohl kaum derartige Kranke finden können. Doch im Falle, man auf solche träfe, so könnte man schon a priori behaupten, dafs dieselben nicht blofs Geräusche hören würden. Aller Wahrscheinlichkeit nach zu urteilen, würden hier gröbere Empfindungen in Betracht zu ziehen sein, wie sie z. B. auftreten, wenn man die Stimmgabel Contra C oder c auf dem Handrücken aufsetzt, mit welchem dann die häufigeren oder selteneren Erschütterungen verspürt werden können.

---

[108]) Zu einem ähnlichen Schlufs gelangt auch BARTH. A. BARTH. Zur Lehre von den Tönen und Geräuschen. Zeitschrift f. Ohrenheilk. Bd. XVIII. 1 u. 2 Heft. p. 81—104. 1887.

[109]) HERMANN DENNERT. Akustisch—physiologische Untersuchungen und Studien, verwerthet für die praktische Ohrenheilkunde. Archiv. für Ohrenheilkunde Bd. 29. p. 68—82. 18. Dez. 1889.

4. Zwar werden von Ohrenärzten zu Gunsten der Ansicht, welche einen Unterschied zwischen den Geräuschen und Tönen festzustellen sucht, pathologische Fälle angeführt, in denen die Hörschärfe für die Sprache bedeutend herabgesetzt, während sie für hohe Geräusche (Knipsen, Ticken) erhalten ist, es läfst sich jedoch nicht immer ein vollständiger Parallelismus zwischen der Perception der Geräusche und der Sprache feststellen.

Aus alledem geht hervor, dafs sowohl die Geräusche als auch die musikalischen Töne mit der Schnecke gehört werden können. „Der Beweis, dafs Geräusche und Klänge ganz differente Schallqualitäten sind und die Schneckengebilde allein zu ihrer Auslösung nicht ausreichen, ist bis jetzt in keiner Weise erbracht.“

Es gibt noch eine ganze Anzahl von Forschern, welche die gröfsere oder geringere Wahrscheinlichkeit der einen oder der andern hier angeführten Ansichten zu begründen gesucht haben, aber ohne selbst etwas Wesentliches zur Erklärung der hier vorliegenden Verhältnisse beizutragen.**)

Erwägungen und Umstände, welche zu Gunsten der Helmholtzschen Ansicht vom Vorhandensein einer eigenen Stelle im Labyrinth für die Perception der Geräusche vorgebracht worden sind.

Ansicht **Wundts** (1880).[110])

Eine zusammengesetzte tönende Masse bringt sämtliche Elemente des Endapparates — die Haarzellen — in Schwingung. Aus dieser zusammengesetzten und komplizierten Bewegung scheiden sich die regelmäfsigen Schwingungen heraus durch die auf die einzelnen Töne abgestimmten Teile der membrana basilaris, wodurch in uns eine *Klangempfindung* hervorgerufen wird. Der übrige Teil der tönenden Masse, welcher in seine einzelnen Bestandteile nicht zerlegt werden kann, bedingt durch Vermittlung anderer Abschnitte des Labyrinths und der Ampullen die *Geräuschempfindung*. Die Klarheit der Klangempfindung hängt von dem jeweiligen Vorherrschen der periodischen Bewegungen über die unperiodischen ab. Niemals läfst sich ein Geräusch in die dasselbe zusammensetzenden einfachen Töne zerlegen, da zugleich mit den aufgefangenen Tönen einer bestimmten Höhe immer eine dem jeweiligen Geräusch eigene Empfindung zurückbleibt, welche nichts Gemeinsames mit dem Timbre hat; diese Erscheinung kann man spezifische Geräuschempfindung nennen. Den physiologischen Grund hierzu mufs man in den Otolithen und in demjenigen Epithel suchen, welches nicht geeignet ist, einfache Schwingungen zu percipieren.

**) STUMPF. Tonpsychologie. Bd. II. § 28. Geräusche und Klangfarbe. p. 497—514. 1800.

[110]) W. WUNDT. Grundzüge der physiologischen Psychologie. Bd. I. p. 284, 303, 390.

1880. PREYER. Akustische Untersuchungen. Jena 1879. p. 38: Schneckenlose Tiere hören die Geräusche mit dem Vorhof.

Ansicht **Hensens** (1886).[111])

Hensen führt zu Gunsten der Helmholtzschen Theorie von einem eigenen Organ für die Perception der Geräusche Folgendes an:

1. Der morphologische Unterschied der einzelnen Teile des inneren Ohres weist darauf hin, dafs dieselben verschiedene Funktionen auszuführen haben. Einen anderen Schlufs nur deswegen, weil wir keine wahrscheinliche Erklärung finden können, zu ziehen, ist vollständig unbegründet.

2. Die Schnecke empfindet die Tonhöhe. Letztere wird von ihrer Lokalisation innerhalb der Schnecke abhängen. Hiermit ist auch Brücke (1884) einverstanden. Es ist nur dann seine Äufserung, dafs das Geräusch, indem es auf kurze Zeit die Nervenzellen erregt, wohl die Empfindung der Tonhöhe, nicht aber des Tones selbst erzeuge, unverständlich. Eigentlich müfste man annehmen, dafs, sobald nur die Nervenganglien erregt würden, sie uns eine Tonempfindung geben müfsten; wenn aber diese Tonempfindung nicht stattfindet, so will das eben heifsen, dafs die Zellen nicht erregt worden sind.

3. Brücke beweist, dafs durch *eine* Welle in uns die Empfindung eines Knalls mit Knallhöhe hervorgerufen wird, d. h. also durch eine derartige Luftbewegung, welche jedenfalls weit entfernt ist von solchen Tonschwingungen, welche akustisch analysiert werden können. Dieser letztere Umstand weist nur darauf hin, dafs der die musikalischen Töne analysierende Apparat nicht im stande ist, in uns die Empfindung eines Geräusches hervorzubringen, zu dessen Perception demnach ein eigener Apparat absolut notwendig wäre.

4. Plötzlich hervorgebrachte Lufterschütterungen, welche vom Trommelfell und dem Gehörgang reflektiert werden, bilden sekundäre Wellen und bedingen den Knall. Schmiedecam und Hensen[112]) haben gezeigt, dafs schon durch die einzige Berührung des Trommelfells mit der Sonde eine Knallempfindung hervorgerufen wird, deren Höhe durch höheren Druck auf das Trommelfell eine Herabsetzung erfährt.

5. Brücke zeigte, dafs ein regelmäfsig 200mal in der Sekunde sich wiederholender Knall keine Tonempfindung hervorruft. Diese Erscheinung ist ein sehr klarer Beweis dafür, dafs der Knall auf den tonempfindenden Apparat keinen Reiz ausführt. Als Brücke diese Zahl auf 600 Knalle in der Sekunde erhöhte, hörte er anfangs einen groben, später aber einen reineren Ton. Hierbei dürfe nicht aufser acht gelassen werden, dafs die Feder, welche das Geräusch hervorbrachte, durch eine allmähliche Verkürzung schon eine Tonempfindung geben konnte.

6. Hensen hört bei den höchsten Tönen zugleich auch ein Geräusch, welches durch den Schlag auf den tönenden Cylinder bedingt wird. Hierbei erlischt allmählich der Ton selbst für das Ohr, wiewohl er ohne allen Zweifel objektiv eine Zeitlang noch fortbesteht.

Ansicht **C. Brückners** (1888).[113])

Im Augenblick des Erwachens hört C. Brückner zunächst die einzelnen Schläge seines Weckers als gleichmäfsigen musikalischen Ton (b′);

[111]) Victor Hensen. Untersuchung über Wahrnehmung der Geräusche. (Anschliefsend an eine Besprechung der bezüglichen Arbeit von Ernst Brücke). Archiv f. Ohrenheilkunde. XXIII. p. 69—90. April 1886.

[112]) Arbeiten des Kieler physiologischen Instituts. 1868. p. 49.

[113]) C. Brückner. Zur Funktion des Labyrinths. Virchows Archiv. Bd. 114. p 291—300. 1 Nov. 1888.

erst nach einigen Schlägen beginnt das Ohr die einzelnen Geräusche des Hammers aufzufangen.*) Hieraus könne man schliefsen, dafs für die Geräusche und die Töne getrennte Empfindungsorgane vorhanden sind, und dafs das tonempfindende Organ, die Schnecke, früher geweckt wird als das Organ, welches Geräusche percipiert, — als die Bogengänge.

Von den drei Bogengängen nimmt am Hörakt den gröfsten Anteil der horizontale Kanal. Hierfür sprechen folgende Beobachtungen:

1. Die isolierte Lage des Kanals spricht für seine gröfsere Selbständigkeit.

2. Der horizontale Kanal geht ohne scharfe Grenzen in die Ampullen und in den Vorhof über; er ist der kürzeste und breiteste von allen drei Bogengängen, weswegen in ihm die Bewegungen der Endolymphe am allerwenigsten verhindert sein müssen.

3. Die horizontale Lage des Tierkörpers ist die gewöhnliche, — ferner ist die Verletzung des vertikalen Kanals eine leichtere als die des horizontalen; sie heilt entschieden leichter und schneller aus. (H. Curschmann, 1874.)

4. Bei der gewöhnlichen Körperstellung ist der horizontale Kanal parallel zur Schädelbasis und somit ist der Druck der Endolymphe in ihm ein gleichmäfsigerer, während er in den vertikalen Kanälen ungleichmäfsiger ist, und zwar ist in diesen der Druck unten etwas grösser als oben. Letzterer Umstand ist sehr wichtig bei der überaus grofsen Zartheit des Endapparates.

In einem Kanal von ungleichmäfsigem Lumen und ungleichmäfsigem Druck geht die Bewegung der Schallwellen ungleichmäfsig vor sich: sie wird an breiteren Stellen langsamer, an engeren schneller sein (Malinin).

5. Das Ohr hört am besten dann, wenn der Kopf sich in der Horizontallage befindet, und zwar weil hierbei der Horizontalkanal sich in horizontaler Lage und die vertikalen in einer zum Horizontalkanal senkrechten Lage sich befinden. Daher hört man auch in liegender Stellung nicht so gut, und mufs, wenn man ein leises Geräusch besser wahrnehmen will, den Kopf heben, um dadurch den Horizontalkanal in die Normallage zu bringen. Geringe anatomische Abweichungen des Kanals von der horizontalen Ebene werden bei den verschiedenen Menschen durch eine instinktive Änderung in der Kopfstellung beim aufmerksamen Horchen ausgeglichen. Beim Liegen auf der Seite oder auf dem Rücken nimmt ein vertikaler Kanal eine mehr oder weniger horizontale, und somit eine zum Wahrnehmen leiser Geräusche geeignetere Lage an. Daraus ergibt sich, dass von den drei Bogengängen in ihrer bestehenden Kombination zum Hören leiser Geräusche immer ein Bogengang, welcher die horizontale Lage annimmt, für jede der verschiedenen Hauptstellungen des Kopfes notwendig ist. Gegen diese Schlufsfolgerung könnte man einwenden, dafs bei manchen Tieren, wie z. B. dem Frosche, bei denen der Kopf seine Stellung nicht ändert, drei Kanäle vollständig überflüssig wären, dafs bei diesen der eine horizontale Bogen-

---

*) „Wenn ich gerade während des Schlagens meines Regulators erwachte, hörte ich die ersten Schläge nur als zusammenhängenden, gleichmäfsig, musikalischen Ton (b') und erst bei den letzten Schlägen auch die einzelnen, getrennten Geräusche des Hammers. Daraus folgt: Es existieren für die Perception der Töne und für die der Geräusche getrennte Organe, und das Organ für Perception der Töne wacht früher auf, als das für Perception der Geräusche."

gang genügen müfste. Man darf jedoch nicht vergessen, dafs die Natur oft Organe reproduziert, die keine Funktionen mehr ausrichten (wie z. B. die Ohrmuschel beim Menschen, die Augen beim Maulwurf, die plica semilunaris am menschlichen Auge als Rudiment der Nickhaut der Vögel u. s. w.) Aufserdem haben die Experimente Böttchers gezeigt, dafs eine vorsichtige Durchschneidung beider Vertikalkanäle beim Frosch keinerlei Störungen der Bewegung nach sich zieht; daraus könne man schliefsen, dafs die vertikalen Kanäle beim Frosche nicht vollständig entwickelt sind und deswegen auch nicht funktionieren.

Beobachtung **H. Steinbrügges** (1889).[114])

Der von Steinbrügge beschriebene Fall ist bis jetzt wohl ein Unicum und dürfte von Wichtigkeit für die uns hier interessierende Frage sein. Derselbe kann nämlich einen Beweis abliefern für das Vorhandensein getrennter Apparate zur Wahrnehmung von Tönen und von Geräuschen. Steinrrügge beobachtete nämlich bei einem 45jährigen Kranken Krampfanfälle, welche nur durch musikalische Töne ausgelöst wurden, aber bei Geräuschen (wie Knall, Trommeln, Strafsen- und Eisenbahnlärm) ausfielen. Auf Grund dieser Beobachtung hält Steinbrügge die Schlufsfolgerung Exners, Brückes und die (jetzige) Theorie Helmholtzs für fraglich. In der That ist es auch zu verwundern, dafs das stärkste Geräusch wie z. B. ein Flintenschufs auf den Kranken keinen krankhaften Einflufs hatte, während schon ein schwacher musikalischer Ton genügte, um den Anfall herbeizuführen. Wenn man der Schnecke die Möglichkeit, auch Geräusche zu hören, zuerkennen soll, so wird ganz unverständlich, wie es kommt, dafs der im Geräusch enthaltene Ton die ihm entsprechende saitenartige Faser in der Schnecke nicht reizt und den Anfall nicht hervorbringt. Der Einwand, dafs der Krampfanfall bedingt wird durch die Summierung von periodischen Reizeinwirkungen wird vollständig hinfällig, wenn man in Erwägung zieht, dafs der Patient protrahierte periodische Reizeinwirkungen eines Inductionshammers aushielt.

Man mufs vielmehr annehmen, dafs Töne und Geräusche zum akustischen Centrum auf verschiedenen Bahnen gelangen, und dafs diese aller Wahrscheinlichkeit nach auch getrennte periphere percipierende Anfangsstellen haben. Hiermit stimmen auch Beobachtungen von Ohrenärzten überein, welche dahin gehen, dafs die Hörschärfe und die Gehörherabsetzung nicht gleichmäfsig für Sprache und Geräusche stattfindet.

Die Hypothese von den Schneckensaiten.

Cotugno (1760)[50]) konstatierte, als er die Ansichten seiner Vorgänger (Perrault 1680, du Verney 1683, Boerhaave) (Leschevin 1778 erklärte den Ausfall einzelner Tonwahrnehmungen (Tondefekte)

---

[114]) H. Steinbrügge. Ein seltener Fall von Acustircuseflexen. Zeitschrift für Ohrenheilkunde. Bd. 19. p. 328—334. Mai 1889.

durch Erkrankung verschieden breiter Stellen der Lamina spiralis ossea) über die knöcherne lamina spiralis weiter entwickelte, dafs die lamina spiralis membranacea an der Basis der Schnecke infolge der gröfseren Breite der lamina spiralis ossea daselbst enger wäre, und dafs sie sich nach der Spitze der Schnecke zu verbreitere. COTUGNO verglich auf Grund dieser Thatsache die Schnecke mit einer Laute und sprach die Vermutung aus, dafs die hohen Töne mit der Basis der Schnecke, die tiefen mit der Spitze derselben percipiert würden; es gelang ihm aber nicht, einzelne Saiten in der Schnecke zu finden. Dieselben wurden zuerst in der zona pectinata durch HANNOVER (1842) gesehen, welcher die Schnecke mit einer Klaviatur verglich. Diese Hypothese wurde durch die Untersuchungen von HENSEN (1863) [115]) noch wahrscheinlicher, welcher

[115]) V. HENSEN. Zur Morphologie der Schnecke des Menschen u. der Säugetiere. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XIII. p. 483—512. Taf. XXXII—XXXIV. 1863, 10. Dezember Anmerkung p. 507. „Ich widerstehe der Versuchung nicht, hier meine Gedanken über die Weise der Tonempfindung in Umrissen darzulegen. Ich halte sie zwar nicht für glücklich und korrekt genug, um erheblichen Wert zu beanspruchen, aber sie bieten doch einen gewissen, wenngleich nur scheinbaren Abschlufs, der auch dem Leser erwünscht zu sein pflegt.

Durch CLAUDIUS (1858) ist es schon betont worden, dafs *für die Schnecke das Tympanum secundarium* den Zuleitungsapparat der Töne bilde. Die Lage der für die kürzesten Schallwellen bestimmten Radix genau vor dem runden Fenster, die kontinuirliche Breitenzunahme der Membrana basilaris, die Zartheit derselben unter der Papille waren Gründe, die mich zwangen, der Ansicht von CLAUDIUS, der ich, ohne besondere Gründe freilich, nicht geneigt war, beizutreten. Wenn Abschnitte der Basilarmembran durch ihren Breitenverhältnissen entsprechende Töne in Transversalschwingungen kommen, wird notwendig die Papille sich entsprechend bewegen. Membrana CORTI dagegen kann von der Schwingung *nicht* berührt werden, *denn sie ruht nur denjenigen* Zellen direkt auf, die sich auf die Lamina *ossea* stützen. Es werden also die Stäbchen lockerer oder fester (zuerst die der äufseren Zellen?) trotz ihrer schwachen, *fast federnden* Unterlage gegen die Masse der CORTI'schen Membran gepreſst werden. Es fragt sich aber weiter, namentlich meinen Erfahrungen an Krebsen (1863) gegenüber, wie durch das Anpressen oder Entlasten der Stäbchen eine Empfindung erzeugt werden kann. In dieser Beziehung ist an das auffallende Verhalten der CORTIschen Zellen zu erinnern, die so leicht aus der Lamina reticularis sich scheinbar intakt loslösen und doch dabei ihre Endplatte mit den Stäbchen darauf in der Lamina zurücklassen. Diese Endplatte scheint demnach so selbständig zu sein, dafs sie auf den Inhalt der unterliegenden Zelle einen Druck ausüben kann. Ist nun die CORTI'sche Zelle eine Endganglie, so ist zuzugeben, dafs die wechselnde Spannung ihres Inhaltes zu einer Empfindung Anlafs geben kann."

Über denselben Gegenstand spricht HENSEN noch in folgenden Schriften:

Dr. A. BÖTTCHER: Über Entwickelung und Bau des Gehörlabyrinths nach Untersuchung an Säugetieren. Referiert und nach eigenen Untersuchungen beurteilt von V. HENSEN in Kiel. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. VI. Taf I. p. 1—32. 1871. — Kritiken und neue Befunde. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. VII. (I Bd. neue Folge), p. 64—72. 1873; 13. Febr. Bd. VIII (II. Bd. neue Folge), p. 163—191. 1874, 13. Januar. — HERMANNs Handbuch der Physiologie. Bd. III. Physiologie des Gehörs. p. 102—104. 1880. Arbeiten des Kieler physiologischen Instituts. 1869. Anm.

durch genaue Messungen die gröfsere Breite der lamina spiral. membr. und mit ihr auch der sie bildenden Saiten an der Schneckenspitze bestätigte. *) Hensen fafste demnach die membranöse Spiralplatte als denjenigen Teil der Schnecke auf, welcher auf Töne verschiedener Höhe abgestimmt wäre.

Die Schallwellen dringen nach ihm durch das tympanum secundarium in die scala tympani herein und versetzen hier in die stärksten Schwingungen den auf die betreffenden Töne abgestimmten Teil der membrana basilaris sowie die auf ihr ausgebreitete papilla spiralis. Hierbei drücken die die letztere zusammensetzenden Zellen mehr oder weniger auf die sie bedeckende Cortische Membran, welche die zona pectinata nicht berührt. Dies weist daraufhin, dafs die Schallwellen der Labyrinthflüssigkeit höchstwahrscheinlich zu den obengenannten Zellen von der Seite der

---

*) 1863. p. 492. Messungen der Breite der Membrana spiralis vom Ort des Nerveneintritts bis zu ihrer Insertion an das Lig. spirale an Querschnitten haben folgende Gröfsen der schwingungsfähigen Teile ergeben:

Ort des Querschnittes	Breite der Membr. spiralis.
0,2625 Mm. von der Wurzel entfernt	0,04125 Mm.
0,8626 „ „ „	0,0825 „
2. Viertel der 1. Windung	0,169 „
Ende „ 1. „	0,3 „
Mitte „ 2. „	0,4125 „
Ende derselben	0,45 „
Am Hamulus	0,495 „

Demnach wird die Membran in der Schnecke breiter im Verhältnis von 1 : 12, während die Länge der Klaviersaiten im Verhältnis von 1 : 30 wächst (1880 p. 73). Die inneren (Bogenfasern) sind, wie dies schon Deiters (1880) bekannt war, kürzer als die äufseren:

	am runden Fenster	am Hamulus
Die Länge des äufseren Fasern . . .	0,048 Mm.	0,0855 Mm.
„ „ „ inneren „ . . .	0,048 „	0,098 „
„ Spannweite des Bogens	0,19 „	0,085 „

Die Bogenfasern können demnach infolge des geringen Unterschieds in ihren Gröfsenverhältnissen nicht, wie Helmholtz annimmt, zur Wahrnehmung der verschiedenen Töne dienen.

1871. p. 17. „Diese Fäden haben, wie ich glaube, für die Akustik der Schnecke das gröfste Interesse und habe ich deshalb über dieselben einige Messungen mit Hartnackschen Okularschraubenmikrometer ausgeführt. Die Dicke der Fäden finde ich 0,0014 — 0,0019 mm. Henle gibt 0,0025 an, hat aber vielleicht einen nicht so feinen Apparat angewandt. Die dickeren Mafse zeigen sich am Vas spirale. Alle Fäden verlaufen *völlig von einander getrennt*, sind aber etwas verschiebbar. Die Zählung ergibt:

Zona pectinata	20	auf 0,06 mm.	=	1:0,003
„ „	24	„ 0,06 „	=	1:0,0025
„ „	38	„ 0,13 „	=	1:0,0084
Zona arcuata	9 : 0,02	„	=	1:0,0022
„ „	8 : 0,02	„	=	1:00,25

Es sind also die Fäden immer isoliert und liegen, wie übrigens der direkte Anblick leicht ergibt, in der Zona pectinata weiter auseinander. Die Zahl der Saiten (die Länge der Membr. basilaris zu nur 33,5 mm. genommen, ihre Dicke 1:0,0025) würde 13400 betragen.“

zona pectinata her, und nicht von der Cortischen Membran her gelangen. Die durch die Schallwellen auf die Membran herbeigeführten Stöfse wirken wie ein Heidenhainscher Tetanomotor. Zu starke Stöfse werden durch die Elastizität der Bogenfasern abgeschwächt. Die Zellen teilen den in ihnen hervorgerufenen Reizungszustand den Nerven mit, welche mit ihnen in Verbindung stehen. Diese Reizung hat nichts Spezifisches an sich; jeder Nerv mit seiner Ganglienzelle ist ein für sich abgeschlossener Apparat (Individualität), mit Hilfe dessen wir unserem Gedächtnis diesen oder jenen Ton einprägen.*) Während des ganzen Perceptionsaktes spielen die Bogen nur eine passive Rolle; da ihre Gröfsenverhältnisse nur unbedeutende Änderungen an den verschiedenen Teilen des Spiralplättchens zeigen, so wäre es unrichtig, denselben, wie dies von Helmholtz geschehen ist, eine tonpercipierende Eigenschaft zuzuschreiben.

„Eine Hypothese zu bilden ist gewifs die Aufgabe der Wissenschaft, aber es wäre unwissenschaftlich, auf dieselbe ein nennenswertes Gewicht zu legen, so lange die bestätigenden Thatsachen noch so lückenhaft sind, wie zur Zeit. Die Möglichkeit, dafs der vorhandene Apparat noch in anderer Weise wirke, als wir es voraussetzen, ist gewifs vorhanden, und es mufs nach solchen Möglichkeiten gesucht werden. Erweist sich unsere Hypothese nicht haltbar, so kann nur das eine gewünscht werden, dafs die Physiologie nicht in die Unmöglichkeit zurückfalle, sich eine plausible Vorstellung über die Funktion der akustischen Organe zu bilden.“ (1880. p. 104.)

Scheffler (1865).[116]) Modifizierte Hypothese von den Schneckensaiten.

Jedes System von Schallwellen bildet in unserem Ohre eine „Klangfigur,“ welche bei neuen Klängen sich ändert und bei ihrem jedesmaligen Zustandekommen eine neue Empfindung (akustische Form) herbeiführt. Der

*) l. c. 1880. p. 107. „Der Eigenton abgestimmter Teile ist im Wasser einige Tonstufen tiefer als in der Luft, es ist aber nicht möglich für die Teile des Labyrinths genauere Aussagen zu machen“. (Mairan [46]), Rinne).

[116]) Hermann Scheffler. Die physiologische Optik. Eine Darstellung der Gesetze des Auges und der Sinnesthätigkeiten überhaupt. 1865. II. Teil. § 77. p. 474—492. Das Gehör.

„Auch die Befestigung der Cortischen Fasern mit den Enden an einer straffen, vibrirenden Haut, der Grundmembran (membrana basilaris) würde eine sehr unzweckmäfsige sein, wenn die einzelnen Fasern auf besondere Töne gestimmt wären, weil ja diese Haut jede beliebige Vibrationsgeschwindigkeit annehmen, also dieselbe auch jeder daran gehefteten Faser mitteilen wird. Eben diese Befestigungsweise zeigt darauf hin, dafs alle Fasern für jede Vibrationsgeschwindigkeit eingerichtet seien, dafs also die Vielheit der Cortischen Fasern und der primitiven Fasern des Gehörnerven einen anderen Zweck als die Empfindung der verschiedenen Tonhöhen habe. Dieser Zweck kann aber nur in der Erkenntnis gewisser räumlicher Ver-

Umstand, dafs die Cortischen Fasern mit der festgespannten und schwingungsfähigen membrana basilaris verbunden sind, spricht gegen die Möglichkeit, dafs die Töne den einzelnen Fasern übermittelt werden könnten, weil eine solche Membran durch jede beliebige Zahl von Schallwellen in Schwingungen versetzt werden mufs. Eine derartige Struktur weist vielmehr darauf hin, dafs *alle Fasern* jede beliebige Zahl von Schwingungen zu percipieren im stande sind. Man mufs sich den Vorgang so vorstellen, dafs bei jedem Tone *viele Fasern* schwingen, aber dafs einige von ihnen durch die Klangfigur intensiver gereizt werden, als die anderen.

„Wir nehmen also an, dafs bei jedem Tone viele Fasern des Gehörnerven in Vibration geraten, dafs jedoch nach Mafsgabe der im Gehörorgane, insbesondere im Labyrinthe sich bildenden Klangfiguren gewisse Fasern intensiver affiziert werden als andere. Nach der Natur der Klangfiguren, in welchen sich die dem schwingenden Körper und der äufseren Erschütterungsweise entsprechenden elementaren Vibrationssysteme durchdringen, würden sich Maximen und Minimen der Erregung bilden. Ein solches Maximum wird allerdings auf eine bestimmte einzelne Faser treffen, allein da die Intensität rechts und links von einem solchen Maximum nur allmählich abnimmt, so werden doch immer eine grofse Zahl von Fasern in der Nachbarschaft jenes Maximums in gleichartige Schwingungen versetzt werden, und man sieht, dafs die Aneinanderheftung der einzelnen Fasern die Feinheit des Gehörs nicht beeinträchtigt, indem von einer Abstimmung oder von einer spezifischen Empfänglichkeit der einzelnen Fasern für einzelne Tonhöhen keine Rede ist."

Der zweite Teil der Arbeit besteht in Wiederholungen von bekannten Thatsachen. Was Sch. unter der Bezeichnung einer „Klangfigur" versteht und wie er diese Erscheinung sich vorstellt, kann man aus seiner Schilderung unmöglich begreifen.

Thatsachen und Erwägungen zu Gunsten der Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Schneckengebilde.

In Anbetracht der Unmöglichkeit, mittels unmittelbarer Beobachtung sich davon zu überzeugen, ob die einzelnen Teile der Schnecke auf verschiedene Töne und Klänge antworten, mufste man seine Zuflucht zu mathematischen Berechnungen, zur Beobachtung von klinisch-pathologisch-anatomischen Fällen, zur Anstellung von Experimenten an Wirbeltieren und endlich zu Untersuchungen über analoge Erscheinungen der Konsonanz, welche an den einzelnen Teilen des Organismus niederer Tiere beobachtet werden können, nehmen. Diesen Teilen wird auch die Eigenschaft zugeschrieben, zusammengesetzte musikalische Klänge in einzelne Töne zerlegen zu können, und zwar mittels Hörhärchen von verschiedener Länge und Dicke, welche einige Teile der Körperober-

---

hältnisse gesucht werden, und es leuchtet ein, dafs die Anheftung der dicht gedrängten, auch untereinander zusammenhängenden Fasern auf einer straff gespannten Membran vorzüglich dazu geeignet ist, die in dieser Membran vermöge der Erschütterungen der angrenzenden wässrigen und knöchernen Medien entstehenden Klangfiguren, welche durch ihre örtlich verschiedene Schwingungsintensität räumliche Figuren darstellen, zur Erkenntnis zu bringen".

fläche der betreffenden Tiere bedecken, oder mittels Zapfen oder Stifte (Hörstäbchen), welche den Rand von Hörzellen besetzen, oder welche auch als selbständige akustische Gebilde auftreten. Die Vermutung liegt ja nahe, dafs auch bei höher organisierten Tieren analoge, aber kompliziertere tonanalysierende Apparate vorhanden sein müssen.

A. Thatsachen aus der vergleichenden Anatomie.

Untersuchungen **Hensens** (1863, 1880).[117])

Hensen stellte Beobachtungen über das Gehörorgan von Dekapoden an, welche zu Gunsten der Theorie von der konsonierenden Schwingung der Fasern der membrana basilaris auszufallen schienen. Bei diesen Untersuchungen stellte es sich heraus, dafs am Perceptionsakte von Gehöreindrücken aufser den Härchen der Gehörkapsel der Tiere auch noch diejenigen Härchen teilnehmen, welche einige Teile der Körperoberfläche bedecken.

Gründe, welche für eine solche Annahme sprechen:

1. Die Art, wie die Härchen befestigt sind. Dieselben stehen nicht im direkten Zusammenhang mit der äufseren Hülle, sondern sie sind an einer Membran befestigt, welche eine Porenöffnung überzieht. Infolge einer solchen Anordnung sind die Haare sehr beweglich. Dieselben sind auf einer Lingula angeordnet, welche an einer Stelle mit der Nervenfaser (Chorda) in Verbindung steht.*)

[117]) V. Hensen. Studien über das Gehörorgan der Dekapoden. Mit 4 Tafeln. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XIII, 3 Hft. 1863. — Physiologie des Gehörs. Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. III, 2. T. 1880. p. 107. V. Experimentelle Beobachtungen über Bewegung der Nervenanhänge.

*) Man nimmt bei den Dekapoden, nach der Stelle ihres Vorkommens, drei Arten von Hörhaaren an: 1. Otolithenhaare 2. Freie Haare in Hörsäcken und 3. Hörhaare der freien Fläche.

1. Die Otolithenhaare (Fig. 61) befinden sich in der Gehörkapsel gewöhnlich in einigen Reihen angeordnet und lehnen sich an die Otolithen an, oder sie sind zwischen dem Otolithensande eingelagert, welcher den Inhalt des Gehörbläschens z. B. des Hummers (Astacus marinus) bildet. An jedem Haare unterscheidet man den *Porenkanal*, die *Haarkugel* und den *Haarschaft*. Der Kanal (6) nimmt die ganze Dicke der Wand des Hörsackes (7) ein. Seine Wandungen bilden einen leicht hervorragenden Ring, welcher die Basis für einen stark entwickelten Fortsatz abgibt, den sogenannten *Zahn* (5), welcher wiederum einen Teil der Wand der Haarkugel bildet und dem Haare als Stütze dient. Vom Basalteil dieses Fortsatzes geht eine dünne zarte Membran (3) ab, welche zugleich mit dem Zahn die Wand der Haarkugel vervollständigt. Auf letzterer ruht nun der Haarschaft, dessen gefiederte Seite (1) nach dem Otolithenrande hin gerichtet ist, während die gegenüberliegende Seite an der Basis in ein dünnes glattes Plättchen — die *Lingula* (2) übergeht, zu welcher der Nerv, Chorda (4), gelangt, nachdem er den Kanal passiert hat.

Der Hummer zählt ungefähr 468 derartiger *Nervenendhaare*, die alle verschiedener Gröfse sind: das gröfste ist 0,72 mm und das kleinste 0,14 mm lang. Alle diese verschieden grofsen Haare entsprechen ungefähr 3 Oktaven (Orgelpfeifen). Die Haare des Flufskrebses (Astacus fluviatilis) haben ganz dieselbe Struktur. Gragon vulgaris besitzt im ganzen 7 oder 8 Haare. Bei Paelemon antennarius sind

2. Jedes Härchen schwingt am stärksten bei irgend einem bestimmten Tone.

sie besonders fein. Der Otolith von Mysis spinulosus wird von 57 Haaren unterstützt, welche in einem Halbkreis und in Reihen von immer geringerer Anzahl angeordnet sind. Diese Gebilde schwingen nun durch Töne sehr leicht und teilen dieselben durch Vermittelung der Lingula der Nervenfaser mit.

2. Die freien sehr feinen Haare (Fig. 62) im Hörsacke von Carcinus maenas, welcher keine Otolithen enthält, schwimmen, ungefähr 300 an der Zahl, in der Flüssigkeit, welche den Hörsack anfüllt. Einige von ihnen erinnern an die Haare der Ampullenzellen der Wirbeltiere. Ihr Schaft ist sehr lang und wurzelt auf bewegliche Weise in der Chitinhülle selbst. 1. Haarschaft mit gefiedertem Anhang; 2. Chitinhaut des Sackes; 3. Nerv, welcher in die Ganglienzelle 4 ausläuft; 5. Nervenfaser, welche zur kugligen dünnwandigen Auftreibung, an welcher das Haar beginnt, hinzieht.

3. Die Hörhaare der freien Fläche (Fig. 63 u. 64) sind sehr verschiedenartig angeordnet; ihre Anzahl variiert ebenfalls.

Fig. 61.

500 malige Vergrößerung.
(Nach HENSEN.)

Fig. 62.

(Nach HENSEN.)

Fig. 63.

Fig. 63. Durchschnitt eines Haars aus der inneren Antenne von Palaemon antennarius: 1. Lingula; 2. Membran der Haarkugel; 3. Porenring; 4. Zahn; 5. Gegenzahn; 6. Membran der Antenne.
(Nach HENSEN.)

Fig. 64.

Fig. 64. Haar aus dem Schwanze von Mysis.
(Nach HENSEN.)

Hiervon konnte man sich auf folgende Weise überzeugen. H. nahm einen Messingkasten von $1^1/_4$″ Höhe und 2″ Länge mit einem Glasboden. An einer Seitenwand des Kastens befand sich eine Öffnung, welche mit einem Korken zugepfropft war, an welchen das Untersuchungstier fixiert wurde. An der entgegengesetzten Wand befand sich ein eigentümlicher Apparat, welcher dem Cavum tympani nachgeahmt war, d. h. ein winklig gebogenes Rohr mit einem in demselben befindlichen Stab (Columella), welcher in einer Kautschuk-Membran endigt, die gegenüber dem Korken ausgespannt ist und das Rohr vom Kastenraum trennt. Am äufseren Ende ist der Stab mit einer Membran verbunden welche das Rohr überzieht. Zum Zwecke des Experiments füllt man den Kasten mit Wasser an, während an den Korken eine Mysis fixiert wird. Durch Stiplinsen werden nun die Vorgänge an den Schwanzhaaren von Mysis beobachtet. Wenn man Töne vor der äufseren Membran erzeugt, so kann man sie durch ein in das Wasser untergetauchtes Otoskop hören, wobei die Wasseroberfläche vollständig glatt und ruhig bleibt. Wenn man nun auf einem Klapphorn die Skala blasen läfst und die Haare beobachtet, so bemerkt man, dafs die einen derselben schwingen, während die anderen sich vollständig ruhig verhalten. Ein und dasselbe Haar kann bei verschiedenen Tönen schwingen; dies hat nichts Überraschendes an sich, weil ja nach HELMHOLTZ jeder Klang eines Instruments stets verschiedene Töne enthält. Ob nun dasselbe Haar auch bei höheren Tönen schwingt, kann man nicht immer feststellen. Verschiedene Haare reagierten am stärksten bei verschiedenen Tönen.*)

Spätere Versuche (1880, p. 109) haben gezeigt, dafs der wirksamste Zuführungsapparat des Schalls ein Rohr von einem Centimeter Durchmesser sei, dessen ein mit einer Membran überzogenes Ende ins Wasser eingetaucht wird, während das andere Ende mit der Tonquelle in direkter Verbindung steht. Bei dieser Vorrichtung zeigte sich, dafs die langgestreckten Hörhaare in der geöffneten Hörkapsel von Carcinus maenas, welche vollständig den Ampullenhärchen analog sind, durch Stöfse, welche das Wasser treffen, in starke pendelnde Bewegung gerieten, sobald diese periodisch alle 3 Sekunden fünfmal in der Sekunde sich wiederholten. Auf Töne und Schwebungen reagierten

---

*) HENSEN (1863) hat durch bestimmte Töne 3 Haare in Schwingungen gebracht. Doch hieraus folgt nicht, „dafs *alle* anderen Töne das Haar *gänzlich* in Ruhe liefsen, da überhaupt die Schätzung der Stärke schwächerer Schwingungen unsicher ist“.

1880, p. 108. „Letzteres Verhalten (d. i. dafs verschiedene Haare auf verschiedene Töne am stärksten reagierten) scheint gar nicht anders zu deuten zu sein als so, dafs die Haare als abgestimmte Organe zu betrachten seien, denn die Unvollkommenheiten der Tonzuleitung und des Toninstrumentes mufsten alle Teile gleichmäfsig treffen. Die wirkliche Abstimmung des Haares konnte nicht ermittelt werden, da nur mit einem Klapphorn als Tonapparat experimentiert werden konnte. Einige Beispiele deuten darauf hin, dafs es Untertöne der wahren Abstimmung waren, welche die Erregung setzten. Die Härchen waren jedoch bei keinem genügend starken Ton völlig bewegungslos, und es ist, wie HELMHOLTZ richtig bemerkt, nur der Nachweis, dafs solche Teile schwingen und abgestimmt sein können, an diesen Versuchen von Interesse. RINNE hat die Versuche einer genauen Analyse unterworfen und findet, dafs sie sich nicht mit den theoretischen Postulaten des Mitschwingens abgestimmter Teile decken. Da jedoch nur *Schätzungen* und keine *messenden Versuche* vorliegen, gehen seine Ansprüche an theoretische Genauigkeit der gegebenen Beispiele zu weit.“

sie nicht. Hingegen kam der Otolith von Mysis bei Tonschwebungen gröfstenteils in Bewegung. Genauere Resultate konnten nicht erzielt werden.

Zum Schlufs sagt der Verfasser: „Diese Versuche mufs ich (HENSEN) als erste Anfänge bezeichnen, die vielleicht nur den Weg zur Ausdehnung unsererBeobachtungen angeben, während die Physiologie umfassendere Untersuchungen abwarten mufs, ehe sie daraus eine Lehre gestalten kann."

Beobachtungen **C. Hasses** (1873).[118])

Die Membrana basilaris, welche zuerst bei den *Salamandrinae* und *Ranae* auftritt, sehen wir in vervollkommneter Form bei den höher organisierten Tieren; sie erreicht im Sinne eines akustischen Apparats bei den Säugetieren ihre höchste Entwickelung. Die Reaktion auf die Töne geschieht mittels eines vollständigen Systems elastischer saitenähnlicher Fasern der membrana basilaris, welche parallel aneinander gespannt sind (wie in einem Klavier), und zwar in einem Knorpel- oder Knochenrahmen zwischen Basis und dem Kuppelblindsack, welcher in einer höheren Entwickelungsstufe bei den Säugetieren die Spitze der Schnecke darstellt. Die Zahl, Dicke und Länge der Saiten ist grofsen Variationen unterworfen und steht im geraden Verhältnis zur Entwickelung der Organisation des betreffenden Tieres. Bei den Schlangen hat die Basilarmembran ungefähr die in *a* dargestellte Form. „Da wir wissen, dafs die Zahl der Saiten von der kürzesten bis zur längsten bei den Schlangen am geringsten und die längste Faser in der Mitte gelegen ist, so mufs die Zahl der Töne, auf die sie abgestimmt sind, ebenfalls am geringsten sein, gröfser aber schon bei den Eidechsen (*b*) und Schildkröten (*c*), bei denen die Basilarmembran noch weiter in die Länge gewachsen ist, und bei denen die Zahl der Fasern sich abermals vermehrt hat. Bei ihnen liegt die gröfste Breite der Membran, die gröfste Länge ihrer Fasern schon mehr an dem unteren, dem Lagenarende, und wir bekommen demnach hier die Figur *c*. Von da ab bis zur lagena sehen wir dann die Breite ziemlich schnell wieder abnehmen. Bei den Krokodilen und Vögeln ist die Lage der breitesten Stelle ebenfalls in der nächsten Nähe der *lagena*, allein, da die Basilarmembran hier ungemein in die Länge gewachsen ist und mindestens das Fünffache derjenigen der Schildkröte beträgt, so ist auch hier die Zahl der immer mehr und kontinuierlich an Länge zunehmenden elastischen Elemente eine beträchtlich gröfsere". In der Schnecke der Säugetiere und des Menschen erreicht die membrana basilaris die gröfste Länge und hat die Gestalt eines Dreiecks mit abgestumpfter Spitze (*d*). Hier erreichen die Fasern am häutigen Kuppelblindsack (dem Homologon der lagena) die gröfste Länge, während sie am Vorhofsblindsack am kürzesten sind. Dank einer solchen Struktur mufs auch die Zahl der Töne, auf welche die Saiten abgestimmt sind, bei den Menschen eine ungemein grofse sein; ebenso mufs auch die Tonempfindung bei ihm sich durch eine grofse Präzision auszeichnen.

Fig. 65.

---

[118]) C. HASSE. Die vergleichende Morphologie und Histologie des häutigen Gehörorganes der Wirbeltiere nebst Bemerkungen zur vergleichenden Physiologie. Mit 2 Tafeln. Supplement zu den anatomischen Studien Bd. I. Leipzig. ENGELMANN.

Für letzteres ist auch die Lokalisation der macula acustica (des CORTIschen Organs) wichtig, welche bei den Säugetieren und beim Menschen ausnahmslos auf der membrana basilaris liegt und, je mehr sie sich der Kuppe nähert, um so gröfsere Dimensionen annimmt. Bei den übrigen Tieren von einfacher Organisation rückt die macula acustica immer mehr und mehr von der membrana basilaris hinweg nach dem Nervenknorpel, bei den Vögeln nach der habenula perforata hin, wodurch die Bedingungen zum Mittönen für sie sich immer weniger günstig gestalten.

Aus den soeben geschilderten Strukturverhältnissen ist ersichtlich, dafs die Tonwellen der Perilymphe die saitenartigen Fasern mit den auf ihnen befindlichen Hörzellen in Schwingungen versetzen. Die Haare der Hörzellen bewegen sich dabei gegen die membrana tectoria s. CORTI*) und übermitteln die in ihnen entstandene Erregung den Nervenfasern. Die Tonschwingungen erreichen die Hörzellen auch von der Seite der membrana Reifsneri.

So ist denn die Schnecke höherer Tiergattungen hauptsächlich für die *Tonempfindung* bestimmt, während der recessus utriculi und die Ampullen *einfache Gehörempfindungen* aufnehmen, und zwar solche durch Knochenleitung. (Letzteres beweist aber HASSE nicht.) Der sacculus brächte diejenigen *einfachen Gehörempfindungen* zum Bewufstsein, welche ihm durch den schallleitenden Apparat (das Trommelfell und die Gehörknöchelchen) zugeführt würden.

(Über die Erklärung der nach Verletzung des Vorhofs eintretenden Reitbahnbewegungen siehe weiter unten im Abschnitt über die Bogengänge.)

Beobachtung **Rankes** (1875).[119])

Die „Hörstäbe", welche die Ränder der „Mittelzelle" und der „Aufsenzellen" der Gehörorgane von Pterotrachea mutica und coronata besetzen, sind verschiedener Länge und Dicke.**) Es läfst sich annehmen, dafs diese Gebilde durch verschiedene Töne erregt werden. An der Crista von Octopus macropus tritt die Verschiedenheit in der Gröfse der „Hörstäbe" scharf hervor.***)

---

*) Die Struktur der CORTIschen Membran erinnert an die Membran, welche die Endelemente der macula acustica des utriculus und des sacculus und der cristae Ampullarum — (membrana tectoria s. terminalis LANG) — bedeckt. HASSE zeigte, dafs die Haarzellen niemals direkt in die Endolymphe hereinragen, sondern dafs sie von derselben stets durch eine cuticulare Membran getrennt sind, in welcher im recessus utriculi und im sacculus Gehörkrystalle abgelagert sind. Kein Tier, mit Ausnahme von Triton und Salamandra, bei denen in der membrana tectoria Otolithen vorhanden sind, hat Otolithen in der Schnecke. Die Haare der Zellen des Vorhofs und des Sacculus sind in eigenen Dellen angebracht, welche auf der inneren Fläche der kuppelartig angeordneten membrana tectoria sich befinden.

[119]) JOH. RANKE. Der Gehörvorgang und das Gehörorgan bei Pterotrachea. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 25. Supplementheft p. 77—102. Taf. V. 8. Juni 1875.

**) p. 93. „Es schien mir öfters, als wäre die Länge der Hörstäbe auf der Mittelzelle und den Aufsenzellen eine verschiedene. Es ist anzunehmen, dafs durch verschiedene Länge und Dicke den Hörstäben der verschiedenen Hörzellen die Fähigkeit zu teil wird, durch verschiedene Töne in Mitschwingungen versetzt zu werden. Es würde auf solche Weise auch dieses einfache Gehörorgan musikalische Empfindungen zu vermitteln im stande sein."

***) p. 99. „Eine analoge Abnahme in den Dimensionen der Hörzellen und Hör-

Ansichten **Vitus Grabers** (1881). [120])

Auf Grund seiner anatomischen Untersuchungen von eigentümlichen Organteilen bei Insekten, von sogenannten *chordotonalen Sinnesorganen*, welche von

stäbe schien mir auch gegen das sich mehr und mehr abflachende Ende der ganzen Crista einzutreten. Wir haben sonach in diesen Verhältnissen ausreichende Anhaltspunkte, uns, wie es schon bisher geschah, die Crista der Octopoden als einen musikalischen, der Schnecke der Säugetiere entsprechenden Empfindungsapparat im Sinne von HELMHOLTZ zu denken. Der Crista fehlt auch der Otolith."

Man kann die Gehörwahrnehmungen der Pterotrachea nach den Bewegungen ihres Otolithen beurteilen. Fig. 66 stellt eine lebende Gehörkapsel in halbschematischer Ansicht und geringer Vergrößerung dar im Augenblicke akustischer Ruhe. *a* Hörfleck mit einer großen Mittelzelle und mit kleineren, die letztere umgebenden Aufsenzellen, welche mit Hörstäbchen besetzt sind. (An den beigegebenen Abbildungen sind die Hörstäbe nicht sichtbar, weil die Vergrößerung eine zu geringe ist. Die Hörstäbe stellen gerade, unbiegsame, cylindrische Gebilde dar.) *b* Bündelförmig angeordnete Cilien; dieselben gehören den Zellen an, welche die Wand der Blase auskleiden. In der Ruhe liegen sie der Wand an.

Fig. 66. Nach RANKE: Fig. 67.

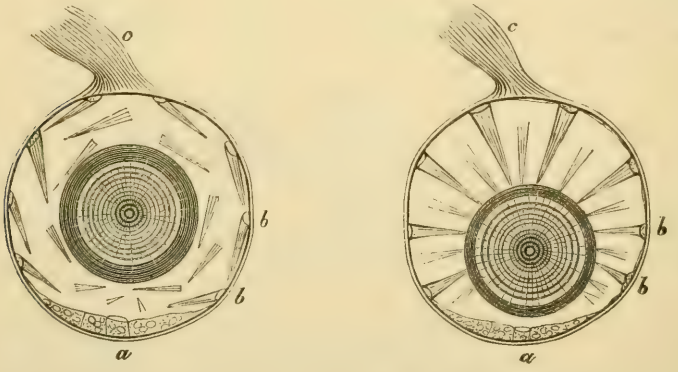


Fig. 67. Lebendes Ohr. Wenn man in der Nähe des Tieres einen Ton erschallen läfst, so erheben sich die Cilienbündel mit blitzförmiger Geschwindigkeit und drücken den in der Mitte befindlichen Otolithen gegen den Hörfleck an, mit dessen Gehörstäben er dann, wie es scheint, in Berührung tritt. Der Stein verbleibt in dieser Lage eine Zeit lang. Wenn nun während dieser Zeit ein neuer Laut hinzukommt, so nähert sich der Otolith dem Hörfleck noch mehr. In diesem Falle spielt der Otolith die Rolle sowohl eines Tetanomotors, als auch die eines Dämpfers.

[120]) VITUS GRABER. Die chordotonalen Sinnesorgane und das Gehör der Insekten.

I. Morphologischer Teil. Hierzu Taf. XXX—XXXV u. 6 Holzschnitte. Archiv f. mikroskopische Anatomie. Bd. 20. p. 506—640. 1882. Vollständige Litteraturangaben.

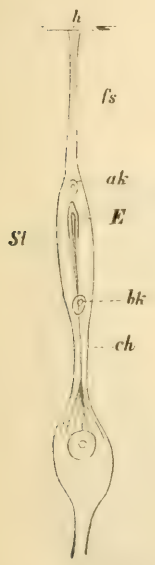
II. Physiologischer Teil. Archiv f. mikroskopische Anatomie. Bd. 21. p. 65 bis 145. 1882.

Die Struktur des chordotonalen Organs ist, wie folgt (Fig. 68): Der Nerv schwillt zu einem auffallend grofsen Zellengebilde an; von diesem geht ein Endschlauch (*E*)

verschiedener Gröfse sind, und auf Grund von akustischen Experimenten an

ab. welcher mit einer Endfaser (*fs*) an der Haut (*h*) inseriert. In diesem Endschlauche nun, welcher von einer feinkörnigen Masse angefüllt ist, sind eine Reihe von Gebilden eingeschlossen. Vom Kern der grofsen Zelle geht die Chorda (*ch*) ab, welche dem basalen Kern (*bk*) ausweicht und in den Stift, in das scolopale oder stiftartige Körperchen übergeht (*St*). Über dem letzteren befindet sich noch ein zweiter Kern, welcher zum Unterschiede vom ersteren *apicaler Kern* genannt wird. Das Säckchen, in welchem der Stift eingeschlossen ist, heifst *Scolopophor.*

Fig. 68.



Scolopophor aus dem abdominal-tympanalen Organ der Heuschrecke (nach GRABER).

Fig. 69.

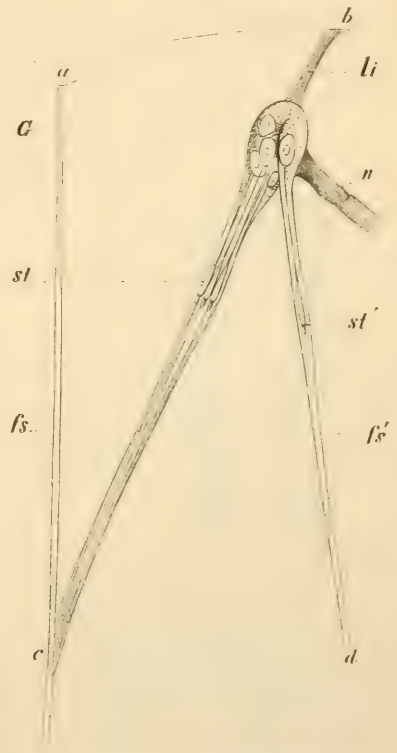


Fig. 69. Chordotonales Organ aus dem vorletzten Bauchsegment der Larve von Chironomus (nach GRABER): *st'* Triskolopisches chordotonales Organ: *a b* hintere Hälfte des linken Randes des vorletzten Segments; *a c* hinterer Rand desselben Segments; *n* Nerv, welcher in die Nervenzelle geht.

Selten beobachtet man im Säckchen nur einen Stift; man nennt dann eine solche Struktur eine monoscolopische. (Fig. 69. *st'*). Gewöhnlich treffen wir auf polyskolopische (zwei, drei Stifte u. s. w. enthaltende) chordotonale Organe (*st*), welche ein System von Scolopophoren darstellen.

Die Stifte können kegel-, birn-, zapfen- und cylinderförmig sein.

Das chordotonale Organ ist zwischen zwei Wänden eines Segments befestigt, an der einen (*ab*) mittels eines breit ausgespannten Ligaments (*li*), an der anderen (*ac*) vermittelst der Endfaser (*fs*). Die Lage und Anordnung der chordotonalen Organe kann sehr verschieden, unter Umständen durch die Lage anderer Organe im Gliede bedingt sein. Für gewöhnlich liegen sie oberflächlich, so dafs sie durch

diesen Tieren (Siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden) kommt GRABER zu dem Schlufs, dafs die betreffenden Tierchen über die Eigen-

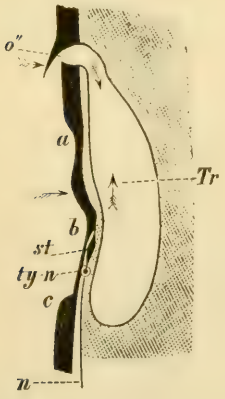
---

Muskelkontraktionen nicht beeinflufst werden können. An den Beinen befinden sich die chordotonalen Organe auf der Seite der Adduktoren und auf der Seite der Oberfläche der Tracheen, wo wenige Muskeln vorhanden sind. Das Vorhandensein von saitenähnlichen Organen kann bei allen Insekten konstatiert werden. Am leichtesten werden sie aber bei den Larven beobachtet.

Es gibt, nach dem Ort ihrer Insertion an dem äufseren vibrierenden Apparat, drei Arten von chordotonalen Organen: 1. ein tympanales Nervenendorgan, 2. ein tracheales Nervenendorgan und 3. ein hämales Nervenendorgan.

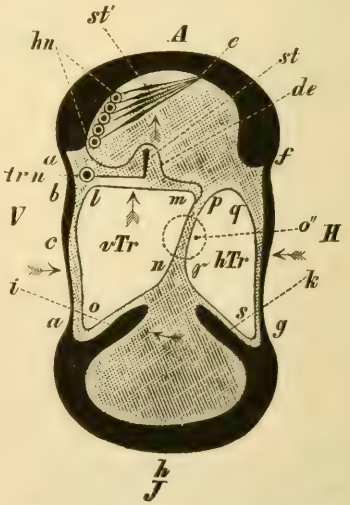
1. Unter tympanalem Nervenendorgan versteht GRABER das MÜLLERsche Organ der Heuschrecke. Es ist deshalb tympanales Organ genannt, weil in ihm der Scolopophor (Fig. 70, *st*) mit dem Trommelfell *ac* verbunden ist, einer Vorrichtung, welche die äufsere Schicht von der sacktörmigen Ausstülpung der Trachee (*Tr*) trennt.

Fig. 70.



(Nach GRABER.) Abdominal-tympanales Organ der Heuschrecke. Durchschnitt durch die tympanale Öffnung (Stigma) *o''*, und den centralen Stift des Trommelfells; *a c* Trommelfell; *ty-n* tympanales Nervenendorgan (MÜLLERs Organ); *n* Nerv; *st* Stift; *Tr* tympanal-tracheale Blase.

Fig. 71.



(Nach GRABER.) Tibial-tympanales Organ der Locustiden und Gryllodeen. Querschnitt durch die Schiene. (Nach der Natur gezeichnet.) *A* äufsere, *I* innere, *V* vordere, *H* hintere Seite des Beins, *a a* u. *f g* Trommelfelle, *b c* ihre Verdickungen, *vTr* vordere, *hTr* hintere tympanale Trachee, *o''* stellt in der Projektion die äufsere, die beiden Tracheen verbindende Öffnung (Tympanalstigma) dar. *i k* innere membranähnliche Auswüchse der Cuticula, welche die Trommelfelle umgibt, *trn* trachealer Nervenendapparat (crista acustica), *st* Stifte, *de* Deckmembran, *l m* Wand der Trachee, auf welcher das Scolopophorensystem ruht.

2. Unter trachealem Endapparat versteht GRABER das SIEBOLDsche System der Scolopophoren (Fig. 71, *trn*) bei Heuschrecken (die cristae HENSENs). Tracheal wird er darum genannt, weil hier eine ganze Reihe von Scolopophoren auf einer leicht beweglichen Tracheenwand ruht, welche letztere gleichsam die Trommelhöhle (*vTr*) darstellt. Die Stifte sind ebenfalls mit einer leicht beweglichen Membran bedeckt. Diese Struktur erinnert an das CORTIsche Organ, in welchem zwischen membrana basilaris (hier die Tracheenwand) und der membrana reticularis (hier die Membran *de*) die äufseren Haarzellen angeordnet sind (hier die Stifte *st*).

schaft verfügen, Töne von verschiedener Höhe wahrnehmen zu können. Die chordotonalen Organe sind dergestalt zwischen den einzelnen Teilen der Segmente angeordnet, dafs sie, je nach der Stellung der letzteren, bald gespannt, bald entspannt werden. Wenn man hierbei in Betracht zieht, dafs die Gröfsenverhältnisse dieser chordotonalen Organe allmählich abnehmen, so erkennt man hieraus, dafs sie ein dem Saitensystem des Klaviers ähnliches darstellen, dessen einzelne Saiten bei verschiedenen Tönen mitschwingen, ungefähr so wie die Zellen des CORTIschen Organs, welche zwischen zwei Membranen ausgespannt sind, zwischen der membrana basilaris und der membrana reticularis.

Beobachtungen und Ansichten **A. Boettchers** (1887).[121])

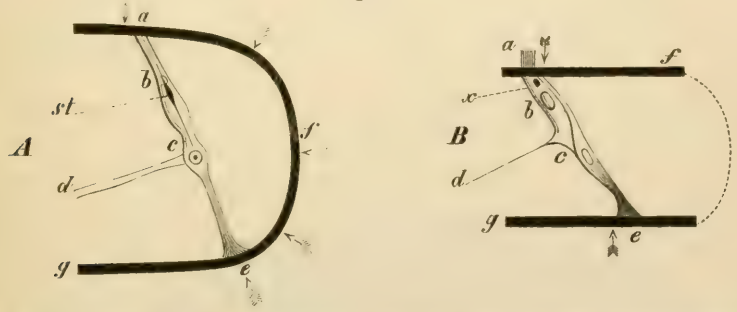
Als Grundlage für die Ansichten BOETTCHERS dienen folgende anatomische Beobachtungen:

3. Das hämale Endorgan wird aus dem Grunde so genannt, weil es sich in der Flüssigkeit des äufseren Hämalkanals befindet.

Das ganze System der Stifte (*st'*) mit ihren Ganglienzellen (*hn*) ist an die äufsere Haut im Punkte *e* befestigt und zwar durch progressiv kleiner werdende Endröhren der Scolopophoren. Die ganze Struktur erinnert an ein System von Klaviersaiten.

Wiewohl man nun eine vollständige Analogie zwischen den chordotonalen Organen der Insekten und den Zellen des CORTIschen Organs nicht aufstellen kann, mufs man doch den Hauptgrundrifs ihrer Struktur als beiden gemeinsam bezeichnen, wie wir uns dessen übrigens aus den beigegebenen schematischen Zeichnungen (Fig. 72) überzeugen können. Wir sehen, dafs die Bemühungen der Natur dahin zielen, den schallempfindenden Organteilen eine bestimmte Spannung und eine verschiedene Länge zu verschaffen.

Fig. 72.



A. *a f g* Äufsere Hülle, *a c* Stiftzelle, *st* Stift, *b a* Endfaser, *e* Ganglienzelle, *dc* chordotonaler Nerv, *ce* chordotonales Ligament mit ausgebreitetem Ende oder Fufs.

B. Äufsere Haarzelle des Säugetieres (schematisch nach WALDEYER). *a f* membrana reticularis, *g e* membrana basilaris, *c a* äufsere Haarzelle (CORTIsche oder Stäbchenzellen HENSENs), *b* Kern, *x* spezifischer kapselartiger Inhaltskörper, *d e* mit der Zelle kommunizierender Nerv (nach WALDEYER), *c e* Basalende der äufseren Haarzelle mit ausgebreitetem Fufs (DEITERsche Zelle).

[121]) ARTHUR BOETTCHER. Wie kommt die Gehörsempfindung in der Schnecke zu stande? Arch. f. Ohrenh. Bd. XXV. p. 1—10. 5. Aug. 1887.

Aus beiliegender Zeichnung wird ersichtlich, wie beschaffen nach BOETTCHER

1. Die CORTIsche Membran ist durch Fortsätze mit den oberen Enden der äufseren und inneren (Haar-)Zellen verbunden.

2. Die äufseren Endzellen stehen mit den Fasern der membrana basilaris mittels langer Stiele in Verbindung. Die Stiele III. Reihe jener Zellen heften sich an die Saiten der Basilarmembran, welche gerade in der Mitte unter dem Fufs des betreffenden äufseren Pfeilers hervorgehen, die Stiele I. Reihe inserieren links und die Stiele II. Reihe oder der Mittelreihe rechts von ihnen. Jeder Stiel löst sich bei seiner Insertion auf und heftet sich an zwei oder drei Saiten der Basilarmembran an. Diese Zellen sind demnach zwischen der membrana tectoria CORTI und der membrana basilaris ausgespannt.

3. Die inneren (Haar-)Zellen sind mit der membrana basilaris durch Stiele *nicht* verbunden.

4. Die DEITERSchen Zellen sind mit den Stielen nicht verbunden, sie liegen ihnen nur an.

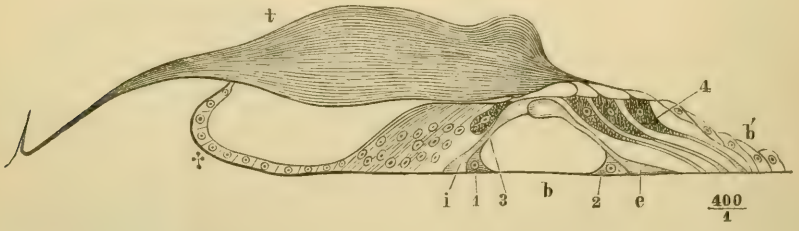
5. Die CORTIschen Bogen geben, da sie mit den Nerven nicht verbunden sind, nur eine Stütze ab. Jedem Bogen entsprechend ordnen sich drei äufsere Zellen an.

Aus der angegebenen Art der Befestigung der äufseren und inneren Zellen kann man schon den Schlufs ziehen, dafs ihre Funktion eine verschiedenartige ist. Die Schallwellen gelangen zu den Nervengebilden direkt durch Vermittelung der saitenähnlichen Fasern, an welchen die Stiele befestigt sind. Die frühere Annahme von der Bedeutung der CORTIschen Bögen beim Hörakt ist somit unhaltbar. Diese Elemente sind mit der Grundmembran und untereinander mit ihren Gelenkenden so fest verbunden, dafs man an eine isolierte Bewegung derselben nicht denken kann; sie können sich höchstens alle zusammen bewegen.

Was die CORTIsche Membran betrifft, so dient dieselbe nach der Meinung vieler Autoren als Dämpfungsapparat für die Nachschwingungen. HENSEN nimmt an ihrer unteren Fläche eine Art glänzender fester Streifen an, gegen welche die Hörzellen anschlagen, um eine Tonempfindung hervorzubringen. WALDEYER ist der Meinung, dafs die CORTIsche Membran von weicher, schleimiger Beschaffenheit sei. Die Haare der Zellen schmiegen sich

die Verbindung der CORTIschen Membran mit den End- (Haar-) zellen ist. Die DEITERschen Zellen sind nicht aufgezeichnet.

Fig. 73.



(Nach BOETTCHER.) Der Schnitt ist vertikal zur Membran ausgeführt (von einer 14 Tage alten Katze).

t membrana tectoria, *b* membrana basilaris, *b'* Epithelzellen, *i* innere, *e* äufsere Bogenpfeiler. 1 innere. 2 äufsere Bodenzellen, 3 innere, 4 äufsere Hörzellen mit ihren nach der m. tectoria abgehenden Fortsätzen. † Epithel des sulcus spiralis. (Ähnliche Fortsätze sind von HENLE und RETZIUS beobachtet worden.)

bei jedem Tone an sie an und drängen sich in dieselbe hinein. Derartige Annahmen hätten eine Berechtigung, wenn die Cortische Membran nicht mit den Endzellen verbunden wäre. Die Rolle eines Dämpfungsapparates mufs man den Deiterschen Zellen zuschreiben. Dieselben stellen einen hierzu geeigneteren Mechanismus als die Cortische Membran dar, weil jede Deitersche Zelle nur an einem Stäbchen der äufseren Endzelle anliegt. Eine ähnliche Einrichtung befindet sich im Klavier.

Irrtümlich ist die Ansicht, dafs in der Schnecke die Nerven durch konsonierende Schwingung der Haare der Endzellen erregt werden, wie dies bei den Wirbellosen und in den Vorhofsgebilden niederer Wirbeltiere der Fall ist

Analoge Gebilde, wie die Haare der erwähnten Tiere, sehen wir in den Hörzellen der macula vestibuli und sacculi und der crista acustica ampullarum der höheren Tiere. Tiere, deren Schnecke vollständig entwickelt ist, müssen wahrhaftig besser und mehr hören, als niedere Organismen. Es wäre sehr merkwürdig, wenn bei den Säugetieren und beim Menschen die Perception der Töne auf ganz dieselbe Weise vor sich gehen sollte, wie bei den Wirbellosen.

B. Mathematische Berechnungen.

Ansicht von **Helmholtz** (1869).[122])

Nachdem Helmholtz sich überzeugt hatte, dafs seine die Cortischen Bogenpfeiler betreffende Theorie infolge der neueren anatomischen Forschungen Hasses (1866, 1867) und Hensens (1863, 1871 u. s. w. unhaltbar ist, suchte er die Hypothese Hensens zu begründen:

Eine gleichmäfsig nach allen Richtungen hin ausgespannte Membran schwingt mit allen ihren Teilen mit einziger Ausnahme der Knotenpunkte.

Hinsichtlich der membrana basilaris verhält sich die Sache infolge der Eigentümlichkeit ihrer Struktur anders. Bei Untersuchung derselben stellt sich nämlich heraus, dafs sie gestreift ist und zwischen den einzelnen Streifen sich leicht zerspaltet. Dies weist darauf hin, dafs die Spannung der Membran in der Richtung ihrer Länge nicht stark sein kann. Im Gegensatz hierzu erscheint es, als ob die Fasern selbst im stande wären, eine sehr starke Spannung auszuhalten, da sie ziemlich entwickelt sind. In der eröffneten Schnecke schien die Membran schwach gespannt zu sein. Doch dürfte nach Helmholtz der Grund hiervon darin zu suchen sein, dafs ein Teil des Periosts losgelöst war. Im Lebenden mufs die Spannung bedeutend stärker sein, wenn die Schneckenhöhle mit Flüssigkeit angefüllt ist. Die Gestalt der Schnecke spielt keine wichtige Rolle in ihrer Funktion, da sie z. B. bei Vögeln gerade gestaltet ist.

Wenn man eine Membran zwischen den Schenkeln irgend eines beliebigen Winkels derart ausspannt, dafs die Spannung in der Richtung einer den

---

[122]) Helmholtz. Über die Schallschwingungen in der Schnecke des Ohres. Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. V. S. 33. 1869. 25. Juni. — *Die oben dargelegte Annahme wird durch mathematische Schlufsfolgerungen unterstützt, auf welche aber hier einzugehen zu weit führen würde.* — Schwingungen der Membrana basilaris der Schnecke. Die Lehre von den Tonempfindungen. Beilage XI zu Seite 228 der 3. Aufl. 1870. p. 611—628. — Beilage XI zu Seite 240 der 4. Aufl. 1877. p. 643—650.

Winkel in zwei gleiche Hälften teilenden Linie eine möglichst kleine, während sie in der zu jener Linie senkrechten Richtung eine möglichst grofse ist, so wird man bemerken, dafs eine derartige Membran gerade so schwingt, als bestände sie aus einem ganzen System von Saiten.

Bei einem gegebenen Tone werden diejenigen Teile der Membran in konsonierende Schwingungen versetzt, deren Eigenton dem betreffenden am nächsten liegt. Die näher gelegenen Teile werden schwächer schwingen, die weiter entfernten werden schon unendlich kleine Schwingungen ausführen.

Die Breite des schwingenden Streifens der membrana basilaris wird von der Wirkungsweise des Dämpfungsapparats abhängen. Je schwächer derselbe wirkt, um so leichter schwingt der betreffende Teil der Membran und um so schwächer kann der erregende Ton sein. So gewinnt demnach die Hypothese HENSENS an Wahrscheinlichkeit.

Die CORTIschen Bögen spielen nunmehr eine Nebenrolle. Möglicherweise dienen diese verhältnismäfsig festen Gebilde einmal dazu, die Schwingungsbreite der membrana basilaris zu begrenzen, und zweitens dürften sie den Schall auf die Nervenenden übermitteln.

In der Schnecke der Vögel dagegen wäre eine ähnliche Einrichtung überflüssig, weil in derselben „die härchentragenden Zellen eine dünne Schicht auf der Grundmembran bilden, welche abgegrenzte Schwingungen derselben leicht aufnehmen wird, ohne sie allzuweit nach den Saiten hin mitzuteilen". *)

„Dafs so kurze Saiten" (wie wir sie in der Schnecke antreffen) „dennoch auf so tiefe Töne antworten können, würde sich erklären durch den Umstand, dafs die genannten Saiten der membrana basilaris stark belastet sind mit allerlei festen Gebilden; namentlich kommt hierbei auch das Wasser der beiden Schneckentreppen als Belastung in Betracht, da sich ohne eine Art Wellenbewegung in diesem die Membran gar nicht bewegen kann." **)

C. Pathologische Erscheinungen und Veränderungen.

1. Von manchen werden Töne und Geräusche nicht mit gleicher Schärfe wahrgenommen. Es sind Fälle von Taubheit für Geräusche und von Taubheit für musikalische Töne beschrieben worden. ***)

*) HELMHOLTZ, Die Lehre von den Tonempfindungen. 3. Aufl. 1870. p. 236.

**) l. c. p. 226—230.

***) LESCHEVIN (Mémoire sur la théorie des maladies de l'oreille et sur les moyens que la chirurgie peut employer. Mémoires sur les sujets proposés pour le prix de l'Acad. de chirurgie T. x p. 111—196. Paris. 1778. 8°) erklärte den Ausfall verschiedener Töne durch die DU-VERNEYsche Schnecken-Hypothese. l. c. SCHWARTZEs Handb. d. Ohrenk. Bd. II. p. 874.

Schon vor langer Zeit hatte man bemerkt, dafs nicht alle Menschen gleich gut hohe und tiefe Töne hören können. In manchen Fällen war das Gehör für musikalische Töne bei vollständigem oder nahezu vollständigem Verlust des Gehörs für die Sprache erhalten geblieben. WOLLASTON (Philosophical Transaction 1820 p. 306. Phil. Journ. VII, 15) hat zuallererst gezeigt, dafs nicht alle im stande sind, die hohen schrillen und pfeifenden Töne mancher Insekten wahrzunehmen, und dafs es wiederum Leute gibt, welche für das gewöhnliche menschliche Ohr unzugängliche hohe Töne wahrnehmen, ohne tiefe Töne percipieren zu können. Im Falle HOFFMANNs (KRITTER u. LEUTIN, Über das schwere Gehör. Herausgegeb. von NICAEUS. p. 2) konnte ein Tauber nur Horntöne hören.

ROSENTHAL (HIMLYs Arch. f. med. Erfahrungen, Jahrg. 1820 Juli p. 18).

Wenn diese Beobachtung richtig ist, so weist sie darauf hin, dafs im Labyrinth zwei verschiedene Abteilungen vorhanden sein müssen, von denen die eine — nach HELMHOLTZ der Vorhof — die Geräusche und die andere — die Schnecke — die Töne percipiert.

2. Taubheit für einzelne Töne oder für die ganze Tonreihe:

Die Diskanttaubheit (Taubheit für die hohen Töne) kommt häufiger vor als die Bafstaubheit. Die Fälle sind verhältnismäfsig selten, in denen bei einer vollständigen Perceptionsfähigkeit für hohe und tiefe Töne die Töne des mittleren Teils der musikalischen Skala ausfallen.*)

---

kannte einen Virtuosen, welcher jeden falschen Ton im Orchester bemerkte, aber Worte nur mit Mühe verstand. In den Fällen von TREVIRANUS (Biologie. VI. p. 325. 1822) und JTARD (Traité des maladies de l'oreille et de l'audition. Paris 1821) spielten Kranke, welche für Worte vollständig taub waren, ganz gut auf den verschiedensten Musikinstrumenten.

RUDOLPHI (Physiol. II p. 152) wollte den Grund dieser Erscheinung darin erblicken, dafs die Instrumentaltöne viel einfacher wären, als die Klänge der menschlichen Sprache.

J. A. LAISSY konstatierte ebenfalls die Ungleichheit in der Perception hoher und tiefer Töne (Essai sur les maladies de l'oreille interne. Paris 1827, deutsch v. A. H. L. WESTRUMB, Göttingen 1829). BONNAFONT beobachtete auch Verlust der Gehörwahrnehmung für hohe Töne bei Taubheit. ERHARD (Klinische Otiatrie. 1863. p. 103—107. p. 115) beobachtete einen Kranken, welcher ziemlich gut die Sprache verstand, aber in der Nähe den Klang einer Glocke nicht hören konnte. Derselbe führt noch andere Fälle an.

So sind denn, wie wir sehen, Andeutungen, allerdings nicht ganz glaubwürdiger Natur, an eine partielle Taubheit schon vor langer Zeit gethan worden. Bestimmtere Angaben beginnen erst am Anfang der sechziger Jahre, als die Otiatrie eine wissenschaftliche Entwickelung annahm. Erst HELMHOLTZ wies auf die wissenschaftliche Bedeutung dieser pathologischen Erscheinungen hin, und begann Schwerhörige und Taube mittels verschieden gestimmter Stimmgabeln zu untersuchen. Indem er nun nach seiner Methode zwei Schwerhörige untersuchte, konstatierte er, dafs der eine hohe und der andere tiefe Töne nicht hören konnte (Sitzung des Heidelberger naturhistorisch-medizinischen Vereins am 6. Dezember 1861). Die von HELMHOLTZ angegebene Methode wurde ausgiebig angewendet. So kam es, dafs man bald über eine ganze Reihe von veröffentlichten Fällen partieller Taubheit verfügen konnte.

A. POLITZER. In MACHs Vorträgen über Psychophysik. Zeitschrift für praktische Heilkunde. 1862. Über willkürliche Kontraktionen des m. tensor tympani. Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. IV p. 19—29. 1869. Bei protrahierter Kontraktion des m. tensor tymp. waren die tiefen Töne einer Pfeife undeutlich. Hohe Töne wurden deutlich gehört.

*) SCHWARTZE. Totaler Verlust des Perceptionsvermögens für hohe Töne nach heftigem Schalleindruck. Archiv für Ohrenheilkunde Bd. I, p. 136—138. 1864. Der bekannte Komponist Robert Franz wurde durch einen unglücklichen Zufall vollständig für hohe Töne taub — infolge eines schrillen Pfiffs einer Lokomotivpfeife, welcher ihn unvermutet traf. Eine sofort angestellte Untersuchung des Gehörs ergab, dafs Franz sämtliche Töne, welche höher als c^3 waren, nicht mehr hörte, während er Töne der mittleren Oktave und im Bafs vollständig gut wahrnehmen konnte. In den folgenden Jahren wurde er auch für es^2 und d^3 taub. Das Anschlagen von Saiten verursachte ein Gefühl von Geräusch, aber keine Tonwahrnehmung, gleichgültig welchen Timbre der Ton auch haben mochte. Seit dem Unglücksfall war der Kranke für vereinzelte Lauteindrücke aufserordentlich empfind-

3. Es kommt häufig vor, dafs die Kranken einzelne Töne oder auch ganze Arien während einer mehr oder weniger langen Zeit subjektiv hören. Der-

---

lich, z. B. für das Geigenspiel. Mit einer Person konnte Franz sich ganz bequem unterhalten. Bei einer von verschiedenen Personen zu gleicher Zeit geführten Unterhaltung hörte er zwar Alles, konnte aber nichts begreifen und kam zuletzt in einen Zustand von Betäubung. Manchmal konnte er äufserst scharfe unharmonische Töne hören. — Die Trommelfelle waren leicht getrübt, leicht atrophisch, nicht eingezogen.

Dieser Fall kann als wertvoller Beweis für die Richtigkeit der HELMHOLTZschen Hypothese dienen, indem er auf die Möglichkeit einer partiellen Lähmung des Nervenendapparates hinweist. Warum es hier nun zum Ausfall einer ganzen Reihe von Tönen, und nicht nur eines einzigen Tones gekommen ist, kann man sich leicht erklären. Der Pfiff einer Lokomotive stellt nicht etwa einen Ton von bestimmter Schwingungszahl dar, sondern er ist aus einer ganzen Reihe von Tönen zusammengezetzt; das ist der Grund, weswegen eine ganze Reihe von Endfasern paralysiert war.

Späterhin ist der Komponist Franz vollständig taub geworden.

MOOS. Beitrag zur HELMHOLTZschen Theorie der Tonempfindungen. VIRCHOWs Archiv Bd. XXXI p. 128. 1864. Ein Kapellmeister, welcher durch falsches Spielen erregt war, schlug sich mit den Händen an die Ohren. Sofort trat ein starkes Ohrensausen auf, welches den Kranken 8 Tage lang quälte. Keine Blutung aus den Ohren. Die bemerkenswerteste Erscheinung, welche zum Ausdruck kam, war eine Bafstaubheit und ein verschärftes Gehör für Geräusche. Bald darauf kehrte das Gehör zur Norm wieder zurück. Der Fall spricht für die HELMHOLTZsche Hypothese. Durch den auf die Ohren ausgeführten Schlag war der Teil der Fasern, welcher die tiefen Töne percipiert, paralysiert worden, während der übrige, von der Paralyse unberührt gebliebene Teil in einen Zustand von Erregung geriet, welcher durch das Ohrensausen sich zu erkennen gab. Unerklärt bleibt nur die erhöhte Perceptionsfähigkeit für Geräusche.

SWAAGMAN. Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde. 1867. l. c. Archiv f. Ohrenheilkunde Bd. II p. 158. 1867. Besprechung der von SCHWARTZE und MOOS veröffentlichten Fälle. Hinsichtlich des MOOSschen Falles genüge die Bemerknng, dafs keine Autopsie der Gehörorgane stattgefunden habe, weswegen die Frage hinsichtlich der Stelle der Verletzung als unentschieden angesehen werden müsse. Man habe vollständig aufser Betracht gelassen, dafs 1. nach einer Entzündung der Paukenhöhle eine Änderung in der Perceptionsfähigkeit für höhere oder tiefere Töne eintritt, und 2. dafs es höchst eigentümlich wäre, wenn durch einen auf die Ohren versetzten Schlag gerade die Teile des CORTIschen Organs verletzt sein sollten, welche für tiefe Töne abgestimmt sind. Der Fall SCHWARZEs hingegen könne als Beweis für die HELMHOLTZsche Hypothese dienen.

A. MAGNUS. Ein Fall von partieller Lähmung des CORTIschen Organs. Beobachtet von Sept. 1865 bis Sept. 1866. Arch. f. Ohr. Bd. II p. 268—278. 1867. Eine sehr musikalische Patientin, aus einer Familie, in welcher schon mehrere Mitglieder taub geworden waren, hört nur sehr laut geschrieene artikulierte Sprache am besseren linken Ohre. Otoskopisch: Trübung der Trommelfelle und Verkalkung. Dieselben sind stark eingezogen. Veränderter Lichtreflex. Klagen über ein quälendes Druckgefühl und Gefühl von Verstopfung der Ohren, sowie Zischen und Summen. Linkes Ohr für musikalische Töne taub, rechtes Ohr hört dieselben um einen halben Ton höher. Das rechte Ohr zeigt einen Tonausfall für die Töne f′, fis′, gis′, a′, ais′, h′. — Alle übrigen dazwischen liegenden Töne, sowie die ganze Bafspartie wird gut percipiert.

artige Krankheitserscheinungen werden von manchen Autoren als eine Neuralgie einzelner Schneckenfasern aufgefafst.

In diesem Falle müsse man einen paretischen Zustand der einzelnen Fasern des Endapparates annehmen, welcher durch Druckerhöhung der Labyrinthflüssigkeit, sowie infolge des chronischen Mittelohrkatarrhs bedingt sei.

MAGNUS. Über Verlauf und Sektionsbefund eines Falles von hochgradiger und eigentümlicher Gehörstörung. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XI p. 244—249. 17. Novbr. 1876. M. will die Kranke, deren Gehör immer schlechter wurde (Ausfall einiger Töne), 10 Jahre lang beobachtet haben. Tod durch „Lungenentzündung". Die Schläfenbeine wurden bei der Sektion untersucht, sie ergaben einen chronischen Katarrh der Paukenhöhle und Unbeweglichkeit der Steigbügel. Eine mikroskopische Untersuchung fand nicht statt.

LUCAE (Arch. f. Ohr. Bd. III p. 228—229. 1867) führt einen Fall von Taubheit für die tiefen Töne an.

GOTTSTEIN. Klinischer und kritischer Beitrag zur Ohrenheilkunde. Arch. f. Ohr. Bd. IV p. 56—96. 1868. Genaue Untersuchung der Paukenhöhle des Patienten ergab vollständiges Fehlen von pathologischen Veränderungen in der Paukenhöhle. Das rechte Ohr hörte die Sprache nicht und war für alle Töne „höher als c" taub. Andere Autoren (SCHWARTZE, ERHARD, MAGNUS, POLITZER) haben folgende Eigentümlichkeit im Verhalten mancher Kranken beobachtet. Obwohl die Patienten die Sprache hörten, so war doch Taubheit für einige Töne vorhanden und umgekehrt.

MOOS. Eigentümliche Gehörstörungen n. Meningitis cerebrospinalis. Bedeutende Besserung durch den konstanten Strom. Arch. f. Augen- und Ohrenheilkunde. Bd. I 1. Abteilung. p. 216—222. 1869. Ein Pat. wurde nach Cerebro-Spinal-Meningitis am rechten Ohr vollständig taub. Mit dem linken Ohr hörte er das geringste Geräusch, laute Sprache aber nur in einer Entfernung von 2 Schritten: er konnte, wie sich auch HELMHOLTZ hiervon überzeugte, die 12 tiefen Töne eines Flügels von 7 Oktaven nicht hören. Nach Anwendung des konstanten Stroms trat eine relative Besserung des linken Ohres (bis zu 18 Schritt für die Sprache) auf. Das rechte Ohr verblieb im früheren Zustande.

H. KNAPP. Klinische Analyse der entzündlichen Affektion des inneren Ohres. Arch. f. Augen- u. Ohrenheilkunde. Bd. II. 1. Abt. p. 268—324. 1871. In dieser Arbeit wird die vollständige Litteratur über die nach Verletzung oder Erkrankung der Bogengänge beobachteten Erscheinungen angeführt. KNAPP kommt auf Grund seiner Fälle zur folgenden Schlufsfolgerung: Taubheit für gewisse Gruppen musikalischer Töne ist ein sicherer Beweis, dafs das Leiden weder auf den Gehörnerven aufserhalb des Labyrinths, noch auf dessen Ausbreitung in den Bogengängen und in dem Vorhofe beschränkt ist, sondern dafs es sich auf die Schnecke erstreckt (p. 290).

OSCAR WOLF. Neue Untersuchungen über Hörprüfung und Hörstörungen. Archiv für Augen- u. Ohrenheilkunde. Bd. IV, 1. Abteilung. p. 124—161. 1874. Siehe auch seine Abhandlung: Sprache und Ohr. p. 1—253. Mit Holzstichen und farbiger Tafel. 1871. Fälle mit transitorischer oder permanenter Taubheit auf einige Buchstaben (F, R, B, K) u. Töne.

„Wenn wir weiter bedenken, dafs die tiefer wie die höher liegenden Töne der Skala vollkommen korrekt zur Perception kamen, also die übrigen Nervenendigungen intakt waren, so können wir aus der klinischen Analyse den Schlufs ziehen, dafs die verschiedenen Töne der Skala auch an räumlich mehr oder weniger voneinander entfernten Gegenden des Labyrinthes ihre entsprechenden mitschwingenden Fasern finden."

MOOS. Pathologische Beobachtungen über die physiologische Bedeutung der

4. Die Erscheinungen des Doppelhörens werden am besten durch die Hypothese der Schneckensaiten erklärt. Dieses pathologische Symptom be-

---

höheren musikalischen Töne. Archiv f. Augen- u. Ohrenheilkunde. Bd. II, 2. Abteilung. p. 139—155. 1872. Auf Grund einiger angeführten Fälle gelangt M. zur Schlufsfolgerung, dafs hohe Töne zum Verständnis der Sprache mehr beitragen als tiefe Töne. In den Fällen, in denen das Hören der hohen Töne nicht vollständig aufgehoben war, konnten die Patienten die Sprache verstehen. „Die menschliche Sprache umfafst 8 Oktaven (OSKAR WOLF. Sprache u. Ohr. p. 72. „Vom R als tiefstem Laut beginnend, mit 16 Schwingungen in der Sekunde, bis zum S als höchstem, mit eventuell 4032 Schwingungen. Musikalisch ausgedrückt beginnt ihr tiefster Ton mit dem Subcontra-C oder C_3 und endigt ihr höchster mit annähernd dem c^5; sie umfafst also 8 Oktaven). Von diesen scheinen die höheren Töne wichtiger für das Sprachverständnis, als die tieferen; auch dies entspricht den physiologischen Thatsachen in Bezug auf die Tonhöhe der einzelnen Vokale und Konsonanten, aus welchen die menschliche Sprache zusammengesetzt ist.“ (HELMHOLTZ, Tonempfindung. 3. Ausg.)

Besonderes Interesse verdient der erstere von den beschriebenen Fällen. Ein Musiklehrer P. wurde plötzlich am linken Ohre taub.

Im ersten Augenblick fühlte er wie einen Knall im Kopfe. Daraufhin Schwindel und Erbrechen. Zugleich ein starkes subjektives Ohrensausen am linken Ohre. Nachts hörte das Ohrensausen vollständig auf; infolge von Klavierspielen wurde es stärker. Gewöhnlich ist gerade das Gegenteil der Fall; entotische Geräusche werden in der Ruhe verstärkt und bei Geräuschen der Aufsenwelt vermindert. Nach protrahierter Galvanisation konnte der Kranke die Sprache in einer Entfernung von 8 Schritt hören, er konnte scharf die tiefen Töne bis c^1 und die nachfolgenden 4 Töne unterscheiden, schon schlechter hörte er die Töne d'' und g''. Für alle höheren Töne war er vollständig taub.

„In unserem Falle wurde durch die Blutung in das Labyrinth eine *primäre* Veränderung an jenen Teilen hervorgerufen, vermittelst welcher wir nach HELMHOLTZ die Geräusche percipieren (häutige Säckchen, Ampullen). Die durch die Blutung an diesen Teilen gesetzte anatomische Störung hat, wie es scheint, deren Funktion nicht vollkommen vernichtet, sondern einen Reizungszustand hinterlassen, der sich besonders bei Geräuschen in der Aufsenwelt geltend machte, während Stille, Ruhe und Zurückgezogenheit günstigen Einfluſs hatten. Offenbar wirkte dieser Reizungszustand im Vorhof u. s. w. auch nachteilig auf das musikalische Gehör der relativ gesunden Seite. Denn so oft P. Musik in der Nähe hörte oder selbst spielte, so entstanden solch heftige perturbierende Geräusche in seinem linken Ohre, dafs er auf dem rechten jedes zuverlässigen Urteiles über die einzelnen musikalischen Töne und Klänge beraubt war, bis endlich eine unerträgliche musikalische Verwirrung eintrat. — Was die Schnecke betrifft, so war dieselbe durch die stattgehabte Blutung anfangs vollständig, später teilweise aufser Funktion gesetzt. Die Nervenfasern waren gelähmt; dies beweist auch der Umstand, dafs es im Anfang der Behandlung mehrere Tage hindurch unmöglich war, vermittelst der stärksten elektrischen Ströme eine subjektive Gehörsempfindung hervorzurufen; die gelang erst später; der Kranke bot dann die Erscheinungen einer teilweisen Aufserfunktionssetzung der Schnecke. Dieselbe betraf vorzugsweise Nervenfasern, welche der Perception der höheren musikalischen Töne dienen; das Sprachverständnis kehrte nur in sehr beschränktem Mafse zurück. Der bleibende Verlust des musikalischen Gehörs war aber nicht durch diese partielle Lähmung, sondern durch den Reizungszustand im Vorhof bedingt.“ p. 144.

SWAN BURNETT. Ein Fall von verminderter Hörbreite. Arch. of Ophthal-

steht darin, dafs das kranke Ohr die Töne höher oder tiefer hört als das gesunde Ohr, so dafs der Patient einen einfachen Ton als zwei Töne mit

mologie and Otology. No. 3 u. 4. 1876. Zeitschrift f. Augen- und Ohrenheilkunde. Bd. VI, p. 238—241. 1877. Übersetzt v. Dr. ALT.

Der hier angeführte Fall spricht zu Gunsten der HELMHOLTZschen Theorie von der Existenz zweier Abteilungen für die Perception von Tönen und für die Perception von Geräuschen.

LUCAE. Statistische Übersicht d. Berliner Universitätspoliklinik f. Ohrenkranke vom 1. Nov. 1874 — 1. Nov. 1877. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. XIV, p. 120—135. 18. Dez. 1878. 12jähriger Pat. hört schlecht. Im Laufe der letzten 2 Jahre leidet er an Schwindel und Sausen. Kann mit verschlossenen Augen nicht gehen. Kann nicht lesen. An der Paukenhöhle läfst sich nichts Abnormes feststellen. Linkes Ohr vollständig taub. Am rechten Ohr hört er noch einfache Silben. Im letzten Halbjahre starker Verfall des Sehens und des Hörens. Nur rechts hört er Töne vom Contra-G — c^1 scharf, c^2 undeutlich, alle höheren Töne hört er schon gar nicht. Manchmal gelang es dem Pat. mit Hilfe der sensiblen Nerven der Ohrmuschel einige Worte mit dem rechten Ohre zu erhaschen.

LUCAE. Die bei Schwerhörigen zu beobachtende gute Perception der tieferen musikalischen Töne und die physiologische und diagnostische Bedeutung dieser Erscheinung; nebst Sektion zweier bei Lebzeiten beobachteten Fälle. Arch. f. O. Bd. XV p. 273—285. 2. Febr. 1880. Wir wollen nur den 2. Fall, als hierher gehörend, hier anführen. 89jährige Frau hört links nur laute Sprache am Ohr, rechts Flüstersprache auf 0,3 m Entfernung. Linkes Ohr hört c^1 gar nicht, rechtes Ohr hört den Klang bis zum Aufhören der Schwingungen. Die makro- und mikroskopische Untersuchung des r. Ohres ergab Atrophie des ramus cochlearis; der r. vestibularis blieb intakt. Am linken Ohr zeigten sich beinahe dieselben Labyrinthveränderungen. Das Trommelfell ist lederartig verdickt und mit dem Promontorium verwachsen.

„Unter Berücksichtigung der HELMHOLTZschen Theorie kann man weiter schliefsen, dafs eben nicht alle Fasern des vorzugsweise von der Atrophie betroffenen Schneckenastes funktionsunfähig geworden waren, wenn man es nicht vorzieht, den Grund für jene Erscheinung in dem noch ziemlich normalen Verhalten des Vorhofsastes zu suchen".

S. MOOS. Auffallend gesteigerte Hörschärfe für tiefe Töne in einem Falle von Lähmung des rechten Gesichtsnerven. Zeitschrift für Ohrenheilkunde. Bd. VIII, 3. H. p. 221. 15. Aug. 1879.

MOOS bestätigte die Beobachtung A. LUCAEs, dafs bei Lähmung des n. facialis mit dem Nervenast, welcher den m. stupedius versorgt, die tiefen Töne auf der kranken Seite in einer gröfseren Entfernung gehört würden als auf der gesunden. Im hier beschriebenen Falle hörte das kranke Ohr c' und c'' doppelt so weit als das gesunde, während für die Uhr die Sache sich umgekehrt verhielt.

G. BRUNNER. Kleinere Mitteilungen. Commotio labyrinthi durch einen Stockschlag auf die Ohrgegend. Vorübergehende partielle Tontaubheit mit Schmerzhaftigkeit für tiefe Töne. Zeitschrift f. Ohrenheilkunde. Bd. X, 3. H. p. 174—175. 30. Juli 1881.

Ein 59jähriger Schlosser erhielt einen Stockschlag auf das linke Ohr, infolge wovon sich ein unaufhörliches Sausen mit Gehörherabsetzung einstellte. Die Trommelfelle diffus getrübt; im übrigen nichts Abnormes bemerkbar. Professionelle Gehörschwäche auch rechts. Links wird Flüstersprache nicht vernommen, bei lauter Sprache versteht er nur einige Worte. Ferner hört er links die 4 höchsten Klaviertöne (e^4 — a^4) gar nicht, zwischen e^1 — f^1 hört er die Töne gut, alle tieferen Töne rufen

einem Intervall hört. Manche Autoren wollen die Ursache dieser Erscheinung

---

im linken Ohre eine schmerzhafte Sensation hervor, wobei der Schmerz um so stärker auftritt, je tiefer der Ton ist (welcher übrigens auch nicht scharf gehört wird). Alle diese krankhaften Erscheinungen vergingen im Laufe von 10 Tagen von selbst.

K. BÜRKNER. Über Ohrenkrankheiten bei Eisenbahnbediensteten. A. f. Ohr. Bd. 17 p. 8—16. 25. Febr. 1881. Bei Maschinisten und Eisenbahnbeamten konstatierte man bei unbedeutender Herabsetzung des Gehörs für die Sprache zugleich entweder vollständige Taubheit für hohe Töne oder eine bemerkenswerte Gehörschwäche für dieselben.

JOHN ROOSA. Die Wirkung von Geräuschen auf kranke und gesunde Ohren. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XIII, 2. und 3. Heft. p. 102—119. 8. April 1884. Bei Kesselschmieden beobachtet man eine bedeutende Herabsetzung des Gehörs bis zur vollständigen Taubheit, welche jedenfalls durch eine Affektion des Nervenendapparates der Gehörnerven bedingt sein dürfte.

JACOBSON. Bericht über die vom 1. April 1881 bis 1. April 1884 in der otiatrischen Universitätsklinik zu Berlin behandelten Ohrenkranken. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. XXI p. 291. 28. Nov. 1884. Der Kranke hört rechts c, c^4, fis^4 nicht, durch Knochenleitung am proc. mast. c. Links hörte er c^4, fis^4. Die Paukenhöhle ist normal. Taubheit für Worte. Pag. 300 Beschreibung von Fällen, in denen Töne der Mittelskala (c^2, c^3, c^4) bei vollständiger Taubheit für hohe und tiefe Töne wahrgenommen werden.

PAUL SCHUBERT. Bericht über das erste Lustrum ohrenärztlicher Thätigkeit. Arch. f. Ohr. Bd. XXII, p. 60. Febr. 1885. 5 Fälle von partieller Taubheit für Töne und Geräusche. In einem Falle rief jedes Geräusch Schmerzen hervor.

Fall G. GRADENIGOs. (Zur Lehre der primären Otitis interna. II. Abschnitt. Die Taubheit bei hereditärer Syphilis. Arch. f. Ohrenh. Bd. 25. p. 249. 24. Nov. 1887.)

SUNE Y MOLIST. Über einige paradoxe Modalitäten des Gehörs bei Taubheit aus tabetischer und cerebraler Ursache. Spanische Revue für Laryngologie Bd. II Nr. II. Aug. 1886 l. c. GRADENIGOs Arch. f. O. Bd. 27 p. 124.

Bei vielen Kranken mit schwerer Taubheit infolge von Tabes oder von intracraniellen Erkrankungen wurden laut geschrieene Worte nur in der Nähe des Ohrs und als Geräusch, nicht als artikulierte Laute gehört. Es wurde auch das Knistern der auf dem Papier schreibenden Feder gehört, auch das Zerreifsen von Papier, das Klirren mit Münzen u. s. w. In allen beschriebenen Fällen war die Intaktheit der Paukenhöhle erwiesen. SUNE Y MOLIST leiten die Erscheinungen von einer Erkrankung des inneren Ohres und GRADENIGO von derjenigen des n. acusticus ab.

KIRCHNER. Sitzungsberichte der Würzburger, med.-phys. Gesellschaft. p. 78. 1887.

Ein sehr musikalisch beanlagter Patient hörte zwischen C und c^4 auf dem Klavier innerhalb jeder Oktave nur 4—5 Töne. In der viergestrichenen Oktave hörte er alle Töne. l. c. STUMPF.

A. HARTMANN. Die Krankheiten des Ohres. 3. Aufl. p. 33. Bei einem Kesselschmiedemeister war neben allgemeiner Gehörschwäche Taubheit für e^4 und g^4 vorhanden.

FR. BEZOLD. Statistische Ergebnisse über die diagnostische Verwendbarkeit des RINNEschen Versuches und die daraus sich ergebende Erklärung für die physiologische Funktion des Schallleitungsapparates. Zeitschrift f. Ohrenheilkunde Bd. XVII,

einer pathologischen Verlängerung oder Verkürzung der Saiten zuschreiben. *) Wenn nämlich die auf den betreffenden Ton abgestimmten Saiten in dem

3. u. 4. Heft. p. 195. 1887. April. Bei einigen Schützen wurde Taubheit für die höchsten Töne der GALTONschen Pfeife beobachtet.

JOHN ROOSA. Lehrbuch der praktischen Ohrenheilkunde. 6. Aufl. New York. 1. Nov. 1887. Übersetzt von WEISS 1889 p. 359—365. Erschütterungen des Labyrinths (Kesselschmiedtaubheit). Beobachtungen des Verfassers über die Gehörabnahme bei Kesselschmieden.

G. GRADENIGO. Die Erkrankung des n. acusticus. Klinische Untersuchungen. Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 27, p. 105—125. 29. Nov. 1888. Führt 2 Fälle von Taubheit für mittlere Töne an; die Perceptionsdauer für tiefe und hohe Töne ist herabgesetzt. In einem Falle waren beide Ohren symmetrisch angegriffen.

G. GRADENIGO. Über die elektrische Reaktion des n. acusticus und ihre graphische Darstellung. Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 28, p. 194. 20 Juni 1889. Herabsetzung des Gehörs für Töne, welche höher als c^4 liegen, bei 2 Steinhauern und 2 Müllern.

*) Fälle von Doppelhören sind in der Litteratur schon lange bekannt. SAUVAGES beobachtete Doppelhören bei Katarrh des Ohres. ITARD behandelte eine Dame, welche an intermittierender Taubheit litt; jedesmal wenn das Gehör wiederkam, trat Paracusis duplicata auf.

v. GUMPERT beobachtete an sich selbst eine Paracusis duplicata monauricularis. Dieser Erscheinung war eine Entzündung im Ohr vorangegangen. Der Tonunterschied bestand in einer Terz, einer Quarte und einer Oktave. (Die angeführten Fälle finden sich bei H. BRESELER vor Bd. II. Die Krankheiten des Gehörorgans nach DELEAU, ITARD, SAISSY, CURTIS, SAUNDERS, BECK, KRAMER u. a. Berlin 1840. p. 71—73. Die Verstimmung des Gehörs, paracusis.)

Der erste sichere Fall einer Selbstbeobachtung von Doppelhören ist derjenige WITTICHs. (Ein Fall von Doppelhören an sich selbst beobachtet. Königsberg. med. Jahrbücher. Bd III. 1861. p. 40—45. l. c. MOOS. Klinik der Ohrenkrankheiten 1866 p. 320.) Alle Stimmgabel- und Klaviertöne wurden mit dem kranken Ohre um einen halben Ton höher gehört. Zwei Stimmgabeln, von denen die eine um einen halben Ton höher als die andere abgestimmt war, wurden mit beiden Ohren als ein Ton gehört, wenn die höher gestimmte Stimmgabel dem gesunden, während die tiefer gestimmte dem kranken Ohre genähert wurde. WITTICH gab, indem er sich hierzu der HELMHOLTZschen Hypothese bediente, eine rationelle Erklärung für diese Erscheinung: „Wenn das CORTIsche Organ wirklich durch seine Eigenstimmung die Empfindung eines Tones bestimmter Schwingungszahl und Dauer vermittelt, so ist es erklärlich, wie durch Exsudation im cavum tympani und dadurch bedingten veränderten Druck im Labyrinthwasser die Nervenfaserenden eine andere Stimmung bekommen können, so dafs die für den Ton a bestimmte Faser bei b mittönt, während, wenn b angeschlagen wurde, die a-Faser erregt wird."

MOOS (Klinik der Ohrenkrankheiten. 1866. p. 321) beobachtete Diplacusis nach Cloroformnarkose bei einem Kranken, welcher an otitis med. chr. litt.

H. KNAPP. Ein durch die Nasendouche verursachter und von Doppelhören begleiteter Fall von otitis media purulenta. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. I, 2 Abt. p. 93—100. 1870. KNAPP gebrauchte für diese Erkrankung den Ausdruck diplacusis binauricularis als Pendant zur diplopia. Er erklärt dieses Leiden mittels der HELMHOLTZschen Hypothese.

BURNETT. Ein Fall von Diplacusis binauricularis mit Erläuterungen. Arch. f. Augen- u. Ohrenh. Bd. VI, p. 241—245. 1877. Ein Musiklehrer vernahm die Stimmgabel A mit dem r. Ohr um einen halben Ton höher. Nach 7 Monaten wurde sie

einen Ohr verstimmt wären, während sie auf dem anderen Ohr in normaler Spannung verblieben, so kämen dann die mit dem Namen Diplacusis binauricularis (nach der älteren Terminologie: Paracusis duplicata) bezeichneten Symptome zum Vorschein; wenn aber die Saiten, welche der Reihe nach hintereinander liegen und für einen und denselben Ton abgestimmt sind, verstimmt wären, so hätte dies Erscheinungen einer Diplacusis monauricularis (nach der Knappschen Terminologie) zur Folge. Man hat angenommen, dafs derartige Veränderungen in der Spannung der Schneckensaiten durch Hyperämie oder durch ein Exsudat, also durch erhöhten intralabyrinthären Druck bedingt wären.

5. In vielen Fällen von nervöser (Labyrinth-) Taubheit ist die Perceptionsfähigkeit für höhere Töne eher aufgehoben, als für die tieferen Töne. Diese Erscheinung dürfte darauf hinweisen, dafs der Teil des nervösen Endapparats, welcher für die Perception der höheren Töne bestimmt ist, Beschädigungen aller Art infolge seiner Lage in der ersten Schneckenwindung leichter ausgesetzt ist, als der für die Wahrnehmung der tieferen Töne bestimmte Teil.[123])

Wir können mit Recht annehmen, dafs die erste Schneckenwindung zu allererst dem Weiterfortschreiten von Erkrankungen des Mittelohrs ausgesetzt ist, und zweitens liegt es auf der Hand, anzunehmen, dafs die erste und somit auch die stärkste Schallwelle zu allererst die Elemente der ersten Schneckenwindung trifft. (Letzterer Umstand weist aufserdem noch darauf hin, dafs, um die Wahrnehmung hoher Töne hervorzubringen, der Nervenendapparat stärker erregt werden mufs und darum auch der Schallquelle näher liegt.)

Damit nun Fälle, wie die höher oben angeführten, an Beweiskraft nicht verlieren, mufs man alle diejenigen Fälle von Paukenhöhlenerkrankungen und von Erkrankungen des schallleitenden Apparates, welche eine Erhöhung des intralabyrinthären Druckes und somit einen Ausfall von verschiedenen Tönen zur Folge haben könnten, hierbei ausschliefsen.†) Eine Differentialdiagnose

---

schon einen ganzen Ton höher, als H, vernommen. Auf dem Klavier war ein ganzer Tonunterschied für Contra-A vorhanden. Mit jedem höheren Ton war der Unterschied immer geringer, um schliefslich durch 5 Oktaven hindurch vollständig aufzuhören.

A. Spalding. Diplacusis binauralis. Eine Selbstbeobachtung. Zeitschr. f. Ohrenh. Bd. X, 3 H, p. 143–146. 10. Juli 1881.

Es sind noch eine ganze Menge derartiger Fälle beschrieben worden. Siehe Zeitschrift u. Archiv für Ohrenheilkunde.

[123]) Gustav Brunner. Zur diagnostischen Verwertung des Verhältnisses zwischen Luft- und Knochenleitung, sowie der quantitativ veränderten Perception der hohen gegenüber den tiefen Tönen. Zeitschr. f. Ohrenh. Bd. XIII, p. 263—283. D. 15. Aug. 1884. In dieser Abhandlung ist die ganze Litteratur über Luft- und Knochenleitung angeführt. Lucae war der Erste, welcher die Aufmerksamkeit auf den häufigeren Perceptionsausfall von hohen Tönen gelenkt hatte.

†) C. H. Burnett. Untersuchungen über den Mechanismus der Gehörknöchelchen und der Membran des runden Fensters. Arch. f. Augen- und Ohrenheilkunde, Bd. II, 2. Abteilung. p. 64—74. 1882. Mit der Erhöhung des intralabyrinthären Druckes bis zu einer gewissen Grenze fallen zunächst die hohen und später schon die tiefen Töne aus.

Moos. Über das kombinierte Vorkommen mangelhafter Perception gewisser Konsonanten sowie hoher musikalischer Töne und deren physiologische Bedeutung. Archiv f. Augen- u. Ohrenh. Bd. V, 1. Abth. p. 165—173. 1874. M. zeigte, dafs bei chronisch-katarrhalischen Zuständen der Paukenhöhle ein Ausfall oder eine Abschwächung der Perception von hohen Tönen zu konstatieren ist.

zwischen Paukenhöhlenerkrankungen, Erkrankungen des Labyrinths und der „psychosensoriellen Centren“ ist nicht immer möglich, da die für uns in Betracht kommenden Untersuchungsmethoden unzulänglich sind und wir uns zum grofsen Teil auf die subjektiven Empfindungen und Aussagen der Patienten verlassen müssen.

Man wird somit nicht jeden Tonausfall auf eine nervöse Taubheit des betreffenden Tones zurückführen dürfen — da er ja möglicherweise seinen Grund in physikalischen Veränderungen haben kann, z. B. in einer Unbeweglichkeit des schallleitenden Apparates.

Bei einer Gehöruntersuchung, insbesondere bei Untersuchung der Knochenleitung, darf man niemals die Schädelbildung und das Lebensalter des betreffenden Patienten aufser acht lassen. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dafs bei bejahrten Leuten die Wahrnehmungsfähigkeit hoher Töne verloren geht.

Ganz besondere Schwierigkeiten bieten die Fälle, in denen das eine Ohr gesund, während das andere krank ist. Man hat Tondefekte bei rein nervöser Tontaubheit, sowie auch bei Erkrankungen der psychoakustischen Centren, oder der sogenannten „Gehörsphären“ beschrieben. FERRIER (1876) [124]) und MUNK (1881) [125]) haben hierherbezügliche Tierversuche an-

---

POLITZER. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Bd. I. p. 74. 1879. Wenn man die Gehörknöchelchen irgendwie belastet, werden hohe Töne besser geleitet als tiefe. Dasselbe wird beobachtet in pathologischen Fällen bei Ankylosen und Verwachsungen der Gehörknöchelchen. Hierbei wird das Gehör für die Sprache eher abgeschwächt als für die musikalischen Klänge.

DENNERT. Zur Analyse des Gehörorgans durch Töne und ihrer Bedeutung für dasselbe. Berliner klinische Wochenschrift. 1881. 2. Mai No. 18. p. 251—255; 9. Mai Nr. 19. p. 267—271. In dieser Abhandlung werden alle möglichen Fälle bei der Diagnose der Paukenhöhlen- und Labyrintherkrankungen besprochen. DENNERT sagt, dafs man mit seinen Schlufsfolgerungen sehr vorsichtig sein mufs, da man ein strenges Verhältnis zwischen Ohrerkrankungen und den einzelnen Instrumenten, mit denen man das Gehör prüft, nicht aufstellen kann. Kranke, welche verhältnismäfsig gut Töne wahrnehmen, hören oft die Uhr oder den POLITZERschen Hammer schlecht. Bei anderen Patienten bemerkt man ein umgekehrtes Verhältnis.

BOUCHERON. Taubheit für die Obertöne der Sprache bei Otopiesis. Comptes rendus des Séances de l'Académie des sciences de Paris. No. 13. 26. März. 1888. p. 950—952. Ref. Arch. f. Ohrenh. Bd. 28. p. 103. 11. April 1889. Es gibt Kranke welche nur für Grundtöne, andere, welche nur für Obertöne taub sind. „Diese dissociierte“ Taubheit wird bedingt durch eine Erhöhung des intralabyrinthären Druckes (otopiesis; οὖς ὠτός = Ohr und = πίεσις Druck) infolge von Undurchgängigkeit der Eustachischen Trompete. Den Einfluſs eines Verschlusses der Eustachischen Tube auf das Labyrinth hat BOUCHERON an Tieren experimentell zu beweisen gesucht.

[124]) DAVID FERRIER. Die Funktionen des Gehirns. 1876. Deutsch von OBERSTEINER. 1879. p. 187—92. Die obere Schläfenwindung. Die Reizung der oberen Schläfenwindung bei Affen, Katzen, Hunden, Kaninchen und beim Schakal wurde von Spitzen des entgegengesetzten Ohres, Erweiterung der Augenlidspalten, Delitation der Pupillen und Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite begleitet. Das allgemeine Bild erinnert an die Reaktion, wie sie bei plötzlicher Betäubung durch einen lauten scharfen Ton beobachtet wird. Bei den Tauben bedingte die Reizung ein Drehen des Kopfes nach der anderen Seite hin. Die Zerstörung der Windung hatte eine vollständige Taubheit der *entgegengesetzten* Seite zur Folge.

[125]) Auch MUNK kam zum Resultate, dafs die akustischen Fasern im Gehirn

gestellt und die Möglichkeit einer Taubheit infolge Erkrankung und Verletzung der Gehörsphären festgestellt.

Alle Versuche, welche bis zum heutigen Tage dahin angestellt worden sind, um pathognostische Anhaltspunkte zur Bestimmung der Lokalisation der Labyrinthfunktionen aufzufinden, haben zu keinem wichtigeren Resultate geführt.*) Der von MOOS und STEINBRÜGGE 1880 beschriebene, hierhergehörige Fall [126]) ist ganz besonders wertvoll. Derselbe betrifft einen Kranken, welcher intra vitam beobachtet worden war. Man fand bei der Sektion des betreffenden Patienten, welcher an Taubheit für *hohe* Töne gelitten hatte, eine Atrophie der Nervenäste der *ersten* Windung vor. Diese wichtige pathologisch-histologische Beobachtung kann als glänzende Bestätigung der Hypothese von den Schneckensaiten gelten.

Die Richtigkeit der soeben angeführten Beobachtung ist durch eine ausführliche Untersuchung HABERMANNS (1890) [127]) bestätigt worden. Es handelte sich hier um einen 75jährigen tauben Greis, welcher durch einen Eisenbahnzug überfahren war. Die Untersuchung ergab, dafs der Verunglückte 20 Jahre lang als Kesselschmied gearbeitet hatte und in letzter Zeit nur einige Worte hören konnte. Bei der Sektion ergab die makro- und mikroskopische Inspektion der Paukenhöhle ein beinahe vollständig normales Bild; nur die Steigbügelplatte schien stark nach aussen gezogen zu sein. Die mikroskopische Untersuchung beider Schnecken zeigte, dafs in den Basalwindungen

---

sich kreuzen. H. MUNK. Über die Hörsphären der Grofshirnrinde. Monatsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1881. 19. Mai. p. 470—482.) Wenn die sogen. Hörsphäre weggeschnitten (siehe im Abschnitt: Über die Meth,) und wenn zugleich das Ohr derselben Seite zerstört wurde, so trat eine vollständige Taubheit auf, und bei jungen Tieren trat noch Stummheit hinzu. Auf Grund seiner Untersuchungen ist MUNK zum Resultat gelangt, dafs die vorderen Teile der Hörsphäre, welche sich in der Nähe der Fossa Sylvii befinden, zur Wahrnehmung von *hohen* Tönen dienen, während die hinteren Teile für die Wahrnehmung von *tiefen* Tönen bestimmt sind. An der Oberfläche der Hemisphäre gibt es keine Centren, welche eine Beziehung zum Gehör haben (GOLTZ).

*) DENNERT l. c.: „Eine ganze Reihe von Eventualitäten sind also bei der Exploration des Gehörorganes zu berücksichtigen, wenn man nicht zu Trugschlüssen gelangen soll; gleichwohl ist ein negativer Befund im Mittelrohr, auch soweit er sich mit den heutigen diagnostischen Hilfsmitteln als solcher konstatieren läfst, wie das Ergebnis der Hörprüfung durch die Knochenleitung im speziellen Falle von sehr wesentlicher und nicht zu unterschätzender Bedeutung, und gelingt es gewöhnlich, auch unter schwierigen Verhältnissen, durch kritische Verwertung der Anamnese, des objektiven Befundes von seiten des Ohres und der übrigen somatischen Verhältnisse, sich in diesen Fällen diagnostische Klarheit zu verschaffen; eine exakte objektive physikalische Methode aber zur Unterscheidung der Erkrankungen des äufseren von solchen des inneren Ohres oder ihrer Komplikationen gehört bis jetzt zu den kardinalen Wünschen in der Ohrenheilkunde."

Auf den diagnostischen Werth der Luft- und Schädelknochenleitung Bezug habende Arbeiten sind in grofser Menge erschienen.

[126]) MOOS u. STEINBRÜGGE. Über Nervenatrophie in der ersten Schneckenwindung; physiologische und pathologische Bedeutung derselben. Vortrag, gehalten auf dem 2. internationalen otologischen Kongrefs in Mailand am 6. Sept. 1880. Zeitschrift für Ohrenheilkunde Bd. X, 1. H. Taf. I, Fig. 1—6. p. 1—15. 15. Dez. 1880.

[127]) J. HABERMANN. Über die Schwerhörigkeit der Kesselschmiede. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. 30. 1. u. 2. Heft. p. 1—25. 14. Mai 1890.

das Cortische Organ, die Cortische Membran und die Nerven der lamina spiralis vollständig verschwunden waren; von den Zellen des canalis ganglionaris waren nur einige zurückgeblieben. In den übrigen Windungen war das Cortische Organ ziemlich gut erhalten geblieben; nur schienen hier die Zellen und die einzelnen das Organ konstituierenden Elemente verkleinert zu sein. Stellenweise waren Pigmentablagerungen vorhanden. In den Vorhöfen waren die Nerven atropisch. Auch hier, sowie in den Ampullen war Pigment vorhanden. In den halbzirkelförmigen Kanälen konnte nichts Besonderes wahrgenommen werden.

Da nun hier eine Beobachtung zu Lebzeiten des Verunglückten fehlte, untersuchte Habermann, um einen Zusammenhang zwischen dem soeben angeführten Labyrinthbefund und den möglicherweise vorhanden gewesenen funktionellen Störungen feststellen zu können, das Gehör von Leuten desselben Berufs (Kesselschmiede). Es zeigte sich, dafs bei 31 von Habermann untersuchten Kesselschmieden, welche längere oder kürzere Zeit in ihrem Beruf gearbeitet hatten, eine merkliche Abnahme des Gehörs für alle Töne der Skala, sowie vollständige Taubheit für die höheren Töne zu konstatieren war. Auf Grund dieser Thatsachen ist man vollauf berechtigt anzunehmen, dafs die hohen Töne durch den Nervenendapparat der Basalwindung wahrgenommen werden, deren Elemente bei Kesselschmieden durch die Einwirkung der hohen Töne, welche durch das Kesselschmieden entstehen, atrophieren.

D. Beweise aus der Anthropologie.

Kapp (1877)[128]) hält auf Grund seiner anthropologischen Untersuchungen über den Ursprung der Werkzeuge und Instrumente die Existenz einer Klaviatur in der Schnecke für möglich. Die Gestalt aller primitiven,

---

[128]) E. Kapp. Grundlinien einer Philosophie der Technik. 1877. p. 83—96.

F. J. Pisco. Die Akustik der Neuzeit.

„In der That bieten die aus dem Klavier zurücktönenden Vokale eine ähnliche Erscheinung wie das Resonanz-Konzert. Und kann man die Cortischen Fasern auch als *Harfe* im Ohr auffassen, welche durch die Resonanz zu Mitschwingungen angeregt wird? Die Resonanz liefert das Mittel zur Klanganalyse und zur Klangsynthese.“

F. J. Pisco.

„So scheint denn das jüngste unter den Rätseln, welche der Bau des Ohres dem Forscher vorlegte, wenigstens hypothetisch gelöst. Als eine Stütze der Helmholtzschen Ansicht mag auch die Entdeckung von Hensen (1869) erwähnt werden, dafs bei einigen Krebsarten freiliegende, mit den Hörnerven verknüpfte Härchen von den Tönen eines Klapphorns derart bewegt wurden, dafs je ein anderer Ton auch ein anderes Härchen in Schwingung versetzte“.

L. Hermann. Grundrifs der Physiologie des Menschen. p. 384, 3. Aufl.

„Die regelmäfsige Anordnung der Cortischen Zähne, welche die Wasserwelle wie die *Tasten einer Klaviatur* durchläuft, macht die Vorstellung sehr verlockend, dafs jede Taste, jeder Zahn gewissermafsen für einen Ton von bestimmter Höhe gestimmt sei.“

W. Preyer. Die fünf Sinne. p. 31.

„Der eine Ast des Hörnervs steht in Verbindung mit einem staunenswert feinen Apparat, der *Schnecke, einer vollständigen Tastatur*, welche mehrere tausend Tasten enthält und zur Erkennung der Töne und der aus diesen zusammengesetzten Klänge benutzt wird.“

einfacheren Gerätschaften und Instrumente erinnert an die verschiedensten Teile des animalen Körpers. Diese Erscheinung könne man *Organprojektion* nennen. Das von uns so vielfach gebrauchte Musikinstrument, das Klavier, stellt ebenfalls eine derartige unbewufste Projektion eines Teiles unseres Körpers und zwar diejenige der Schnecke dar. Das aufserordentliche Verdienst HELMHOLTZS bestünde darin, dafs er auf den möglichen Zusammenhang zwischen der Struktur der Schnecke und der durch Pythagoras entdeckten mystischen Harmonie der Töne hingewiesen hat.

E. Auf Experimenten beruhende Thatsachen.

Beobachtung **Munks** (1881).[129])

Hunde, denen ein kleines Knochenstückchen aus der ersten Windung der Schnecke herausgebrochen worden war, hörten 14 Tage lang nur tiefe Töne und Geräusche, wie man aus den verschiedenen Bewegungen der Tiere zu schliefsen berechtigt war.

Beobachtung **B. Baginskys** (1883).[130])

BAGINSKY arbeitete unter der Leitung von MUNK und erweiterte dessen Beobachtungen.

I. Hunde, bei denen die Spitze der einen Schnecke mittels Pfriemens angebohrt, während die andere Schnecke vollständig zerstört wurde,

---

J. ZÖLLNER im Buch der Erfindungen II. p. 400.

„Diese Bewegungen nimmt der Gehörnerv mittels ganz eigentümlicher, *förmlich abgestimmter Fasern* auf, so dafs von einem bestimmten Tone auch immer nur ganz bestimmte dieser Fasern erregt werden, auf welcher Erscheinung die Besonderheit der Tonempfindungen beruht."

CZERMAK.

„Indem die CORTIschen Stäbchen, entsprechend der Verschmälerung der Spiralplatten von unten nach oben, allmählich an Länge abnehmen, so bilden sie eine Art regelmäfsig abgestufter Besaitung, wie wir eine solche an der *Harfe* und am *Klavier* kennen".

J. HENLE. Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. p. 803.

„Bei ihrer (der Gehörstäbchen der Schnecke) regelmäfsigen Anordnung, die an die *Saiten*, oder *Hämmer*, oder *Tasten des Klaviers* erinnert, bei ihrer nahen Verbindung mit den Enden des N. acusticus kann man sich des Gedankens nicht erwehren, dafs sie es seien, deren Schwingungen in letzter Instanz als Töne zum Bewufstsein kommen".

[129]) H. MUNK. Über die Hörsphären der Grofshirnrinde. Monatsbericht der Kgl. preufsischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1881. 19. Mai. p. 474—475.

Über die Funktionen der Grofshirnrinde. Gesammelte Mitteilungen mit Anmerkungen. 2. vermehrte Auflage. Berlin. 1890. p. 112—123. Hörsphären des Hundes. p. 176. Zentrale Organe für Sehen und Hören. Taube. Kaninchen. Hund. Affe. Neugeborenes Kaninchen.

[130]) BENNO BAGINSKY. Zur Physiologie der Gehörschnecke. Vorgetragen von HR. MUNK in der Sitzung vom 14. Juli 1883 der Kgl. Preufs. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. (Sitzungsbericht XXVIII u. XXIX.) Monatsschrift für

konnten einige Tage nach der Operation aus ihrer Ruhe nur durch Flintenschüsse aufgescheucht werden. Gegen das Ende der ersten Woche hin reagierten sie durch Bewegungen des Rumpfes, des Kopfes und der Ohrmuscheln auf Orgelpfeifen c^5, und manchmal c^4. Im Laufe der folgenden zwei Wochen wurde stets eine Reaktion auf c^4 und c^3, selten auf c^2 beobachtet. Im weiteren Verlauf konnten die Tiere Töne unter $c^3 — c^2$ nicht wahrnehmen.

II. Die Verletzung der *ersten Basalwindung* der Schnecke bei gleichzeitiger Zerstörung des entgegengesetzten Ohres hatte eine ziemlich protrahierte Taubheit zur Folge, welche nach der Ansicht MUNKS durch den Verlust der Lymphe bedingt wurde, welche aus der Wunde heraussickerte.

In glücklich verlaufenden Fällen führten die Hunde auf Schufs Bewegungen aus (die Entfernung, aus welcher geschossen wurde, ist nicht angegeben. Bemerkung des Ref.). Viele Hunde wurden schliefslich taub. An der einen Gruppe von Hunden konnte man keinen Unterschied in der Reaktion auf hohe oder tiefe Töne bemerken; die andere etwas zahlreichere Gruppe von Hunden reagierte gleichzeitig auf hohe und tiefe Töne; auf letztere etwas stärker. Eine dritte kleinere Gruppe schliefslich reagierte anfangs nur auf tiefe Töne Erst nach Verlauf von 8 — 14 Tagen begann eine Reaktion auch auf hohe Töne sich einzustellen; endlich hörten die Tiere hohe und tiefe Töne normal (?!).

Auf Grund dieser Versuche kommt BAGINSKY zu dem Resultat: „dafs die Spitze der Schnecke die dem Hören tiefer Töne dienenden Teile enthält, die Basis der Schnecke die dem Hören hoher Töne dienenden".

Einwand **Weber-Liels** (1883) gegen **Baginsky**.[131])

Gegen eine derartige voreilige Lösung von so schwierigen und verfänglichen Fragen, wie diejenigen sind, auf welche wir bei der Forschung der Funktion der Sinnesorgane auf jedem Schritt und Tritt stofsen, lehnt sich WEBER-LIEL mit grofser Entschiedenheit auf. Seine kritischen Bemerkungen sind hehr wertvoll; sie beziehen sich auch auf andere Arbeiten, welche dieselben Fragen behandeln. WEBER-LIEL zeigte, dafs BAGINSKY manche Vorsichtsmafsregeln bei seinen Untersuchungen nicht beobachtet hatte, und dafs die von ihm gezogene Schlufsfolgerung dem erzielten faktischen Material nicht entspricht. Auf Grund dieser Experimente wäre BAGINSKY nur zu folgender vorsichtig zu stellenden Schlufsfolgerung berechtigt gewesen: „In der letzten und mittleren Schneckenwindung scheinen die dem Hören der tieferen Töne dienenden Teile zu liegen, der unverhältnismäfsig kleine Rest der Schnecke müfste danach beim Hunde alle die Teile enthalten, welche dem Hören der mittleren, hohen und höchsten Töne entsprechen."

WEBER-LIEL ist der Meinung, dafs man nicht durch Tierversuche, sondern nur durch pathologisch-anatomische Forschungen des Ohres post

---

Ohrenheilkunde. Bd. XVIII. August. 1883. p. 153—155 mit kritischen Bemerkungen WEBER-LIELs.

B. BAGINSKY. Die Funktion der Gehörschnecke. VIRCHOWs Archiv. Bd. 94, p. 65—85. Taf. III. 1883. Den 5. Okt.

[131]) WEBER-LIEL. Kritische Bemerkungen zu BAGINSKYs Aufsatze zur Physiologie der Gehörschnecke. Monatsschrift für Ohrenheilkunde. Bd. XVIII. Nr. 8. S. 153—155.

mortem des Menschen, nachdem man vorher zu dessen Lebzeiten genau alle den Ohrapparat betreffenden Symptome beobachtet hat, zu einer gewissen Klarheit über die Funktionen der einzelnen Teile des Labyrinths gelangen kann. Nur der Mensch und nicht das Tier kann auf die Frage, *was* und *wie* er hört, antworten.

Experimente **C. Corradis** (1891).[132])

Für die Versuche kamen Meerschweinchen in Anwendung. Als Merkmal für die akustischen Wahrnehmungen des Tieres dienten die sogenannten Preyer-schen Bewegungen der Ohrmuscheln (1881). Vollständige beiderseitige Zerstörung der Schnecke hatte vollkommene Taubheit ohne Reitbahnbewegungen zur Folge. Nach einseitiger Zerstörung wurde eine starke Herabsetzung des Gehörs wahrgenommen, manchmal trat auch vollkommene Taubheit auf. Nach teilweiser Zerstörung der einen und vollständiger Zerstörung der anderen Schnecke wurden hohe Töne und Mitteltöne einer Galtonschen Pfeife gehört. Die im übrigen mangelhaft angestellten Versuche (siehe im Abschnitt über die Experimentalmethoden) überzeugten Corradi von der höchstwahrscheinlichen Lokalisation der Gehörempfindungen in der Schnecke im Sinne der Helmholtz-Hensenschen Hypothese.

F. Beweise aus der Psycho-Physiologie.

Die verschiedensten psychologischen und psycho-physiologischen Erwägungen, Erscheinungen und Beobachtungen, welche zu Gunsten der Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Teile der Schnecke sprechen, finden sich in der Arbeit C. Stumpfs 1883[102]) und werden darin sehr ausführlich besprochen, worauf hier nur kurz hingewiesen werden mag.

Die sonst noch vorhandenen zahlreichen Ansichten verschiedener Autoren, welche zu Gunsten der Hypothese von den Schneckensaiten sich aussprechen, sollen hier unerwähnt gelassen werden, da sie keine eigenen Gedanken enthalten und nur Bekanntes in den verschiedensten Modifikationen wiederholen.

Thatsachen und Erwägungen gegen die Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Schneckengebilde.

A. Thatsachen aus dem Gebiete der Akustik.

Die hierher gehörenden Einwände Rinnes und Scheffler stellen Vermutungen dar, welche *weder auf einer Beobachtung noch auf einem Versuch* begründet sind. Sie bestehen aus einer Reihe von Deduktionen aus dem Gebiete der Akustik.

Einwände **Rinnes** (1865).[133])

1. Nach der Helmholtzschen Theorie soll jeder einfache Ton eine für ihn bestimmte Faser des Cortischen Organs in Schwingungen versetzen.

---

[132]) C. Corradi. Über die funktionelle Wichtigkeit der Schnecke. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. 32, p. 1—14. D. 28. Mai 1891.

Die Ausdehnung der Zerstörung wurde mikroskopisch festgestellt.

[133]) Rinne. Beitrag zur Physiologie des menschlichen Ohres. Zeitschrift für

Demnach wird ein zusammengesetzter musikalischer Klang in der Schnecke in den Grundton und die Obertöne zerlegt werden. Weiter reicht die Hypothese nicht hin und läfst uns über das fernere Schicksal dieser Töne, welche in unserer

rationelle Medizin. Herausgegeben von HENLE u. PFEUFER. Dritte Reihe. Bd. XXIV. 1. Heft p. 12—64.

„Wenn es in Betreff der bisher betrachteten Resonanzen schon vor dem Beginn der Untersuchung wahrscheinlich erscheinen mufste, dafs für die Verminderung oder gänzliche Verhütung derselben sich bestimmte Mechanismen würden nachweisen lassen, so können wir einer Resonanz des CORTIschen Organes nicht mit demselben sichern Vertrauen auf Erfolg entgegentreten. Das, was als Leistung des genannten Organes hingestellt wird, finden wir denn doch wirklich geleistet, und zwar schliefst sich die Darstellung so exakt an die wirklich im Ohre gegebenen Verhältnisse einerseits und an wirkliche durch die Theorie der Musik und das Experiment gewonnene Thatsachen anderseits an, dafs wir uns beim Durchlesen der betreffenden Seiten nur mit Bedauern zu der Vermutung gedrängt fühlen, dafs vielleicht dies Alles auch ganz anders sich verhalten könne; auch beabsichtige ich der HELMHOLTZschen Hypothese nicht so entgegenzutreten, dafs ich ihre Möglichkeit ganz ableugne; nur auf einige Schwierigkeiten, auf welche ich bei näherem Eingehen in dieselbe stiefs, möchte ich die Aufmerksamkeit lenken."

„Wir müssen dann auch annehmen, dafs der ganze hypothetisch statuierte künstliche Mechanismus eigentlich überflüssig ist, und dafs Bewegungen, die doch einmal bestimmt sind, innerhalb unserer Seele zu räumlich ungetrennten, rein intensiven Zuständen derselben zusammenzufliefsen, auch wohl zur Erreichung dieses Zieles getrennter Wege nicht bedurften, dafs also die denn doch wirklich vorhandene Trennung der einzelnen in kleineren und gröfseren Klangmassen enthaltenen Töne vielleicht nicht im CORTIschen Organe, sondern auf eine weniger leicht nachweisbare Weise in unserer Seele vor sich geht. Wir stellen vorläufig dem *physikalischen Mechanismus*, welchen HELMHOLTZ im CORTIschen Organe zu finden glaubt, einen *psychischen Mechanismus* gegenüber, durch den die Seele die ihr in denselben Nervenfasern ungeteilt zugeführten Eindrücke in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt, ohne freilich diesen Mechanismus mit derselben Anschaulichkeit in seine Einzelheiten zerlegen zu können. Aber nicht Anschaulichkeit der Erklärung ist das Ziel, das wir zu erreichen uns bemühen, sondern Wahrheit, und besser ist immerhin das Geständnis, eine Sache nicht erklären zu können, als eine anschauliche, aber falsche Erklärung."

„Fassen wir unsere Ansicht in wenige Worte zusammen, so kann der bei schnellen Tonfolgen in tiefen Lagen beobachtete störende Nachklang der einzelnen Töne *nicht* der Ausdruck von *Gesamtschwingungen* der *innig vereinigten elastischen Teile* des Labyrinths sein, denn er müfste dann *immer dieselbe Höhe* haben, und sich ebenso gut bei *hohen*, wie *tiefen* Tonlagen geltend machen; er kann aber auch nicht von einem Nachklingen von *verschieden gestimmten* und bei *verschiedenen* äufseren Tönen einzeln resonierenden CORTIschen Fasern herrühren, denn dann müfste er, wohl *nicht immer derselbe* verschiedene, aber doch in jedem Falle ein von dem zunächst vorher gehörten verschiedener Ton sein."

„Die eigentümliche genaue Verbindung von getrennten Fasern mit der zusammenhängenden Membrana basilaris genügt schon für den unbefangenen Blick, die HELMHOLTZsche Erklärung ihrer Funktion unwahrscheinlich zu machen. Sollte wirklich jede Faser nur durch einen bestimmten Ton ausschliefslich in Bewegung gesetzt werden, so müfsten wir von der Membran etwas Ähnliches erwarten, dafs sie nämlich nur durch Schallwellen ihres Grundtones und ihrer Flageolettöne in Bewegung gesetzt würde. Sie müfste somit die Bewegungen einiger weniger Fasern

Seele Klangvorstellungen erwecken sollen, vollständig im Dunkeln. Im weiteren Verlauf mufs der Prozefs wieder umgekehrt vor sich gehen, d. h. es müssen die einzelnen Töne wieder zu einer vollständig ungeteilten Klangvorstellung sich vereinigen. Es zeigt sich also, dafs die HELMHOLTZsche Hypothese von einem im CORTIschen Organ befindlichen klanganalysierenden Mechanismus unhaltbar ist.

2. Die Erscheinungen des Mittönens, wie sie an musikalischen Instrumenten beobachtet werden, auf das *Cortische Organ* übertragen zu wollen, ist nicht zulässig, weil die Luft ihre Schwingungen auf ganz andere Weise den Instrumentalsaiten, als die verhältnismäfsig dichte und schwerschwingende Labyrinthflüssigkeit die ihrigen den Schneckenfasern übermittelt. Hier kann von einem Nachklingen auch keine Rede sein. Die Gebilde des CORTIschen Organs spielen nur eine passive Rolle (Schallleitung), indem sie die allergeringsten Impulse der Labyrinthflüssigkeit auf die Nerven übertragen.

3. „HELMHOLTZ hat ohne Zweifel recht zu behaupten, dafs, wenn sämtliche Fasern bei der Einwirkung von Schallwellen des Labyrinthwassers in Oscillation von der Geschwindigkeit dieser Schallwellen versetzt werden, sie doch, wenn sie nach beendigter äufserer Einwirkung noch nachklingen, in der ihrer Elastizität und ihren Dimensionen eigentümlichen Geschwindigkeit oscillieren.“ Wir würden demnach bei schnellem Tonwechsel (beim Triller) zweier tiefer Töne noch einen dritten leise nachklingenden Ton hören, welcher weder dem einen noch dem anderen der gespielten Töne angehören, sondern welcher als Ausdruck für das Nachklingen des ganzen Komplexes der elastischen Gebilde des Labyrinths gelten würde. Ein derartiger störender Nachklang würde auch bei hohen Noten beim Triller bemerkbar sein. Die von HELMHOLTZ hinsichtlich des Nachklangs gegebene Erklärung ist unwahrscheinlich. Elastische Körper, ins Wasser getaucht, geben einen um mehrere Stufen tieferen Ton als in der Luft. „Es liefse sich also erwarten, dafs der Ton stärkster Resonanz einer CORTIschen Faser, da die ihn bildenden Oscillationen vom Labyrinthwasser weder beschleunigt noch verlangsamt, sondern nur durch die Dimensionen und Elastizität der Faser bestimmt würden, ein merklich höherer sein würde, als der in ruhendem Wasser vor sich gehende Nachklang derselben.“

4. Als Beweis, für die Konsonanz der Fasern des CORTIschen Organs hat HENSEN (1863) seine Untersuchungen über die Hörhaare der Dekapoden angeführt. Derartige Experimente müfste man als Curiosum, aber nicht als einen Versuch, die HELMHOLTZsche Hypothese beweisen zu wollen, betrachten. Dafs die drei Haare auf einen Ton hin schwingen, entspricht noch keineswegs der Hauptbedingung der HELMHOLTZschen Hypothese. Diese Haare müfsten nicht nur bei dem einen Grundton, sondern auch bei dessen Obertönen schwingen, was nicht beobachtet worden ist.

---

verstärken, und so die so sorglich vermiedene Bevorzugung einzelner Töne befördern. Jedenfalls würde das CORTIsche Organ die von HELMHOLTZ behauptete Leistung sicherer und vollkommener ausführen können, wenn jede einzelne Faser zweiter Reihe mit einem isolierten Teile der Membrana basilaris verbunden wäre, die letztere also in so viel Fasern geteilt wäre, als CORTIsche Fasern zweiter Reihe vorhanden sind.“

Einwand HENSENs (1880, p. 103) gegen die Erwägungen RINNEs:

„Das Herbeiziehen von seelischen Vorgängen, mit denen ja alles zu erklären ist, in die Physiologie des Ohrs, welche nur die geordnete Verwandlung von Ton in Nervenbewegung und deren Verlauf zu erforschen hat, heifst die Geltung der naturwissenschaftlichen Lehrsätze für dies Gebiet leugnen.“

Wäre der Gedanke, dafs die Härchen zur Perception der Schallwahrnehmungen dienen, zulässig, so müfste man schon eher vermuten, dafs jedes Haar bei allen möglichen Tönen schwingt. Bei den Dekapoden, in deren Gehörblase sich Hörhaare (Cilien) befinden, führen die die Körperoberfläche bedeckenden Härchen Reflexbewegungen aus. Die Dämpfungsvorrichtung für die Nachschwingungen ist hier eine sehr unvollkommene.

Im Cortischen Organ geschieht die Dämpfung einerseits durch die Labyrinthflüssigkeit und anderseits durch die membrana Corti. Ob letztere durch „konzentrische Schallleitung" den Ton und dessen Einwirkung verstärken kann, ist zweifelhaft.

Alle Schwingungen, welche senkrecht auf die Cortische Membran stofsen, gehen ungebrochen nach dem Cortischen Organ und der membrana basilaris durch. Alle Schallwellen, welche auf die Membran unter einem Winkel auffallen, werden von ihr reflektiert.

„Die eigentümliche genaue Verbindung von getrennten Fasern mit der zusammenhängenden membrana basilaris genügt schon für den unbefangenen Blick die Helmholtzsche Erklärung ihrer Funktion unwahrscheinlich zu machen."

Einwand **Schefflers** (1865).[116])

Die Vorstellung, als ob für jeden Ton eine eigene Faser bestimmt wäre, mufs man als unbewiesen betrachten, da der Ton je nach seiner Stärke über alle Fasern des nervus acusticus sich ausbreitet, oder da zum mindesten ein grofser Teil der Fasern gleichzeitig schwingen mufs. (Darüber, wie Sch. sich den Vorgang der Entstehung der Tonwahrnehmung vorstellt, s. S. 113.)

B. Thatsachen aus dem Gebiete der Anatomie.

Einwand **C. Hasses** (1866).[101])

Nach Hensen (1863) soll der Höreindruck infolge von Veränderung in der Dichte des Protoplasmas der Haarzellen (Stäbchenzellen Hensens), welche durch die schwingende Basilarmembran an die Cortische herangedrängt werden, und durch die „Dichtigkeitsveränderung der Stäbchenzellensubstanz" entstehen. Gegen diese Annahme sprechen folgende Erwägungen:

1. Zur Vermittlung der Schwingungen der membrana basilaris an den Nervenendapparat wäre es erforderlich, dafs die Stäbchenzellen mit der Membran fest verbunden wären.

Dies ist aber nicht der Fall. In den Zwischenräumen findet sich bei den Vögeln Gewebe vor, welches nicht elastisch ist und somit die Schwingungen nur abschwächen wird.

2. Die Basilarmembran endigt in der Lagena. Demnach wird die Schallwelle, nachdem sie die Basilarmembran in Schwingung versetzt und die Lagena erreicht hat, ihre Richtung plötzlich ändern und auf die Otolithenmassen überspringen müssen, welche auf den mit den Nerven ebenfalls in Verbindung stehenden Zellen ruhen. Um nun einen Widerspruch zu vermeiden, müfste man eine gleichzeitige Schwingung der Basilarmembran und der ganzen knorpligen Masse annehmen; doch dies würde kaum ohne Schaden für die Reinheit des Toneindrucks möglich sein.

3. Bei den Vögeln kommuniziert die Vorhofsskala mit der Tympanalskala nur in der Lagena an der Schneckenspitze; in ihrem übrigen Verlauf

sind sie stets geschieden. Demgemäfs müssen die Schallwellen, welche von der Vestibularflüssigkeit mitgeteilt werden, erst die scala vestibuli passieren, und dann erst in der Lagena auf die scala tympani übergehen, um zuletzt, nachdem sie einen so langen Weg zurückgelegt haben, die Basilarmembran zum Schwingen bringen zu können. Die Zusammenstellung aller dieser Erwägungen veranlafste HASSE, eine eigene Hypothese aufzustellen (siehe weiter unten).

Einwand **O. Baers** (1872).[103])

1. HELMHOLTZ (wohl eher HENSEN) hat den Umstand, dafs die einzelnen radiären Fasern der membrana basilaris unmöglich isoliert schwingen können, da die Membran überall mit Epithel bedeckt ist, nicht berücksichtigt. Alle Berechnungen HELMHOLTZS gelten nur für die ihres Epithels beraubte Membran. Da nun aber die Saiten stellenweise durch das Epithel verdickt sind, so können sie nicht gleichmäfsig schwingen.

2. Aufserdem hat HELMHOLTZ bei der mathematischen Berechnung auch die Struktur der membrana basilaris selbst nicht beachtet. Dieselbe besteht nämlich nicht blofs aus einer Schicht von radiären und leicht zu isolierenden Fasern, sondern, wie die letzten Untersuchungen ergeben haben, aus drei scharf abgegrenzten Schichten. Die obere Schicht, welche nach dem ductus cochlearis hin liegt, stellt sich nach WALDEYER und GOTTSTEIN radiär gestreift dar, die mittlere als vollständig homogen, während die dritte, unterste Schicht aus spindelförmigen Zellen und spiralen Fasern besteht. Gesetzt nun auch, dafs die eine Seite der Membran in radiärer Richtung schwingen könnte, so sind die Radiärfasern auf der anderen Seite mit den Spiralfasern derart verflochten, dafs eine Übertragung von isolierten Schwingungen auf die Saiten unmöglich stattfinden kann.*)

3. Der HELMHOLTZschen Hypothese hinsichtlich der CORTIschen Bogenpfeiler widersprechen die anatomischen Thatsachen. Durch ganz präzise Berechnungen und Ausmessungen ist erwiesen, dafs die Zahl der inneren Bogenpfeiler der Zahl der äufseren nicht gleich ist, sondern dafs sie nach WALDEYER in einem Verhältnis von 3 : 2 steht. Wenn man hierzu bedenkt, dafs die Bogenpfeiler nicht elastisch sind (HENSEN, GOTTSTEIN), wie HELMHOLTZ annimmt, und dafs sie sowohl untereinander sowie auch mit der Basilarmembran fest verbunden sind, so wird die Unmöglichkeit einer isolierten Vermittelung von Schwingungen an die Nervenenden hierdurch bewiesen.

In Anbetracht der soeben angeführten Umstände mufs man denjenigen Autoren recht geben, welche die *Haarzellen* als akustischen Endapparat ansehen, und welche meinen, dafs die Schwingung der Haare ihrem Zellprotoplasma mitgeteilt wird, welches dann seinerseits die empfangene Erregung den entsprechenden Nervenfasern übermittelt.

Beobachtung **Alfred Mayers** (1874).[134])

Die Fühler der Insekten stellen Tast- und Gehörorgane dar. Bei Culex Mosquito bestehen die Fühler aus zahlreichen elastischen Fasern. MAYER

---

*) BOETTCHER hält die Existenz der Fasern der membrana basilaris für problematisch. Er meint, dafs sie nur durch Reagentien hervorgerufene Kunstprodukte wären. (1869.) — NUEL. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII.

[134]) ALFRED MAYER. Researches in Acoustics. American Journ. of Science and Arts. VIII. Nr. 44, August 1874 u. Americ. Natur. VIII, p. 236. l. c. STUMPF u. GRABER.

will mehrfach beobachtet haben, wie von diesen bestimmte Fasern nur auf bestimmte Stimmgabeln reagierten. Die Fasern bewegten sich am stärksten bei Tönen *zwischen* c^1 und c^2 (in diesen Grenzen befinden sich auch ungefähr die Töne, welche den summenden Laut dieses Insektes zusammensetzen). MAYER nahm eine genaue Messung zweier Fasern, welche auf c und c^2 in Schwingung gerieten, vor und konstruierte daraufhin, indem er sich an das gefundene Verhältnis genau hielt, ein Modell. Es stellte sich nun heraus, dafs die Schwingungen der Modellsaiten um zwei Oktaven differierten.

MAYER ist jedoch weit davon entfernt, in den Fühlern ein klanganalysierendes Organ zu sehen, er betrachtet sie vielmehr als dem Trommelfell und den Gehörknöchelchen analoge *schalleitende* Vorrichtungen. Die Untersuchungen HENSENS an Dekapoden könnten als Beweis für die konsonierende Schwingung der membrana basilaris nicht dienen. Wahrscheinlicher wäre die Annahme, dafs die zwischen membrana basilaris und lamina reticularis gelegenen Zellen („hair-cell-cords") einen klanganalysierenden Apparat darstellen.

(MAYER ist demnach, unabhängig von der BAERschen Arbeit, zu einem ähnlichen Resultate gelangt.)

Annahme **W. Rutherfords** (1886).[135])

Eine Wiederholung des RINNEschen Gedankens mit einigen Modifikationen. Das Gehörorgan wird mit einem Telephon verglichen.

Beobachtung **H. Ayers'** (1801).[136])

AYERS kommt auf Grund von an vielen Tieren (Kaninchen, Katzen, Schweinen, Ziegen, Mäusen, Hühnern etc.) sorgfältig angestellten mikroskopischen Untersuchungen der Schnecke zum Resultat, dafs die membrana CORTI als *Membran* nur ein Kunstprodukt wäre, dafs es sich hier um geschrumpfte oder auch gequollene aufserordentlich lange und ungewöhnlich bewegliche Haare der inneren und äufseren Hörzellen handelt. [Inwiefern die Beobachtungen AYERS den Thatsachen entsprechen, werden wohl erst zukünftige Untersuchungen lehren! Ref.] Mit ähnlichen Gebilden hätten wir es ja auch in der macula utriculi und sacculi und in der crista ampullarum zu thun.

In der Schnecke befinden sich die Haare eng nebeneinander und bilden demzufolge im normalen Zustande ein langes und verhältnismäfsig flaches Band, an dem man Striche und Streifen erkennen kann. Da nun die Haare wohl eher schwingen werden, als die Fasern der membrana basilaris, so ersieht man hieraus, dafs die Hypothese von den Saitenschnecken nicht haltbar sein dürfte. Warum soll übrigens der Vorgang in der Schnecke ein anderer sein als in den Ampullen, im utriculus und im sacculus?

---

[135]) W. RUTHERFORD. The Sense of Hearing. A Lecture delivered to the Brit. Association. 6. Sept. 1886. — A new theory of hearing. Journal of Anatomie and physiologie. Bd. XXI p. 166—159. Ref. Z. f. O. Bd. XVIII. p. 77.

[136]) HOWARD AYERS (aus Milwaukee, Wis. U. S. A.). Die Membrana tectoria — was sie ist, und die Membrana basilaris — was sie verrichtet. Anatomischer Anzeiger. 30. April 1891, Nr. 8, p. 219. Die Art und Weise, wie er das Gehörorgan zum Zweck der mikroskopischen Untersuchung behandelte, wird nicht erwähnt. Eine diesbezügliche Erwähnung bei der vorliegenden Frage wäre aufserordentlich wichtig.

C. Beweise aus der Psycho-Physiologie.

In dem bereits erwähnten Werke C. STUMPFs (1883, 1890)[102]) werden verschiedene Ansichten und Beobachtungen aus dem Gebiete der Psychologie*) angeführt, welche gegen die Hypothese von der isolierten Konsonanz der einzelnen Schneckengebilde vorgebracht worden sind.

Weitere, unbegründete Ansichten vieler Autoren, welche gegen die Hypothese von den Schneckensaiten gerichtet sind und welche im wesentlichen schon Erwähntes nur wiederholen, hier anzuführen, hält Verf. für überflüssig.**)

Hypothese C. Hasses (1867).[101])

Es ist höchst wahrscheinlich, dafs ein Teil der Schallwellen aus dem Vorhof direkt in die scala vestibuli dringt und die hier befindlichen Teile in Schwingungen versetzt. Derjenige Teil, auf den die Wellen direkt auffallen, ist jedenfalls die membrana tectoria (d. h. die CORTIsche

*) G. E. MÜLLER hat den ersten Schritt nach dieser Richtung hin gethan. Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. Diss. Leipzig. 1873. p. 1—136. p. 24—40. § 3. „Kritik der Theorie, welche HELMHOLTZ zur Erklärung der Klangempfindungen und der bei angestrengter Aufmerksamkeit möglichen Wahrnehmungen der einzelnen Teiltöne des Klanges aufgestellt hat".

**) Als Beispiel derartiger Ansichten mögen folgenden Auszüge aus der Arbeit J. CHATINs, Les organes des sens dans la série animale. 1880. dienen:

p. 367. „Séparées en deux groupes principaux, les fibrilles du nerf cochléen (oiseau) se terminent dans les cellules bacillaires; mais il n'y a pas d'arcades de CORTI et j'ai déjà eu l'occasion d'insister sur leur absence, à propos des réserves que comporte la doctrine de M. HELMHOLTZ. Chose singulière, ces animaux, qui fournissent aujourd'hui les plus sérieux arguments contre la théorie du „clavier nerveux", semblent en avoir inspiré la première conception bien longtemps avant les recherches du physicien d'Heidelberg; Treviranus, examinant l'oreille interne des oiseaux, y décrivait une membrane plissée transversalement, étendue sur toute la longueur de la cochlée, et formée „de lamelles isolées représentant des touches de clavecin." Les idées les plus modernes peuvent donc n'être pas toujours les plus nouvelles, et l'histoire de la science nous fait assister à un piquant spectacle en nous montrant M. HELMHOLTZ vaincu sur le terrain même qui semblait le mieux préparé pour l'édification de sa séduisante théorie."

p. 409. „Hensen a tenté de démontrer que ces bâtonnets vibrent (chez le crustacés), les un sous l'influence de certaines notes, les autres sous l'action de tous différents, caractère dont on ne saurait méconnaître l'importance pour l'interprétation de l'organe, mais sur lequel on a eu le grave tort de vouloir établir une identité absolue entre ces éléments et les terminaisons cochléennes de Mammifères."

p. 411. „Hensen n'a même pas craint d'en déduire des conclusions applicables aux arcs de CORTI et aux fibrilles de la membrane basilaire chez les Vertèbres. Ces exagérations, l'obscurité et l'insuffisence des caractères histologiques mentionnés par le naturaliste allemand, obligent à n'accepter ces résultats que sous les réserves les plus formelles."

Membran), deren Breite analog der membrana basilaris allmählich abnimmt, sie hat aber vor der Basilarmembran den Vorzug, dafs ihre schwingungsfähige Masse genau über der ganzen Fläche der Stäbchenzellen ausgebreitet liegt, und nicht über deren Grenze sich hinauserstreckt. Die membrana tectoria ist nicht prall gespannt und hat eine „festflüssige Form“: sie besitzt nicht die Elastizität der membrana basilaris. Unter solchen Umständen schwingt eine Membran viel leichter, als wenn sie vollkommen elastisch wäre. Da die Dicke der Membran vom Beginn der Schnecke bis zur Lagena sich nur wenig verändert, so bringt die Schallwelle eine ziemlich gleichmäfsige Masse in Bewegung. Entsprechend der Form, der Intensität und der Gröfse der Wellen wird auch die Membran mehr oder weniger kräftig an die Zapfen der Zellen geschlagen. Da nun die Zahl der Zellen, je näher sie sich der Lagena befinden, mit der Breite der sie bedeckenden Membran wächst, so läfst sich hieraus die Möglichkeit, die verschiedensten Klangerscheinungen percipieren zu können, erklären.

Die Bedeutung der Lagena bleibt noch ein Rätsel. Warum sind die Stäbchenzellen hier anders gebaut und wie ist ihr Verhalten?

Die Otolithenanhäufungen dienen vielleicht als „Belastungsmittel der bei sehr starken Tönen leicht in Schwingungen geratenden gallertigen Masse“.

Aufgabe der Physiologie wäre es, zu prüfen, inwieweit die Hypothese sich mit der Wirklichkeit deckt. Sie kann ebenfalls auf die Erscheinungen der Schnecke höherer Organismen angewandt werden. Die Bogenpfeiler spielen beim Hörakt eine vollständig passive Rolle. Sonst würden sie bei den Vögeln nicht fehlen. Sie sowohl, wie auch die Reticularmembran sind nur Stützlamellen für die Cortische Membran.*)

Später (1873) nahm Hasse [118]) auf Grund zahlreicher und ausführlicher vergleichend-anatomischer Untersuchungen an, dafs die membrana basilaris aus saitenähnlichen Fasern bestehe, welche auf verschiedene Töne abgestimmt wären (siehe oben Seite 118). Es fiel ihm aufserdem auf, dafs mit den Teleostei (Knochenfische) beginnend, das Ohrlabyrinth in zwei Teile, einen oberen und einen unteren, zerfällt, deren Trennung um so schärfer hervortritt, je höher das Tier organisiert ist. Zur pars superior gehören der utriculus und die Ampullen mit den Bogengängen,

*) Zu dieser Ansicht Hensens hinsichtlich der Cortischen Bogenpfeiler haben sich alle späteren Forscher bekannt. Voltolini (1885) verglich buchstäblich jeden Bogen mit einem Menschen, der mit breit auseinander gespreizten Beinen auf der membrana basilaris steht und die Arme nach den entgegengesetzten Seiten hin ausstreckt. An den letzteren hängen nun die Zellen, welche die geringsten Schwingungen der Flüssigkeit empfinden. Deshalb wäre es unwahrscheinlich, dafs die Schwingungen der Labyrinthflüssigkeit zuerst der prallgespannten Grundmembran mit den derselben fest anliegenden Bögen, und erst darauf den winzigen Zellgebilden, welche in der Flüssigkeit schwimmen, mitgeteilt würden.

während zur pars inferior der sacculus und die Schnecke zu rechnen sind. Eine solche Trennung, welche auch in der Differenzierung des Nervenendapparates zum Ausdruck kommt, weist darauf hin, dafs jede dieser Abteilungen (macula und crista) vollständig selbständig und unabhängig von einander funktioniert. Es läfst sich annehmen, dafs die pars superior zur Perception von Schalleindrücken durch Knochenleitung, während die pars inferior zur Perception durch Luftleitung bestimmt ist; durch letztere würden also vorzugsweise diejenigen Schwingungen, welche ihr durch den schallleitenden Apparat (columella, Gehörknöchelchen) zugeführt werden, wahrgenommen.

Für diese Annahme spricht noch der Umstand, dafs der utriculus und die Ampullen, nachdem sie ihre volle Entwickelung bei den niederen Wirbeltieren erreicht haben, bei den höheren keine nennenswerten Veränderungen erfahren. Infolge ihrer eigentümlichen (schon von den Amphibien ab) von Knochen umgebenen und tiefen Lage erscheinen sie bei den Wirbeltieren als ein zur Perception von Schallschwingungen weniger geeigneter Apparat, da dieselben durch die dicken Knochenlagen nur schwer durchdringen können.

Ganz anders aber verhält sich die pars inferior. Sacculus und utriculus (welcher sich immer mehr entwickelt) grenzen sich mit der gröfseren Vervollkommnung des schallleitenden Apparats immer mehr gegeneinander ab, so dafs sie zuletzt nur noch mittels eines engen Kanals, des canalis reuniens, in Verbindung stehen. Eine derartige Differenzierung weist auch auf eine Verschiedenheit der Funktionen genannter Teile hin. *) Der sacculus dient, bei den Reptilien beginnend, zur Wahrnehmung *einfacher* Eindrücke, welche ihm durch den schallleitenden Apparat übermittelt werden, während die Aufgabe der cochlea darin besteht — ebenfalls bei den Reptilien angefangen —, bei gleichzeitiger Perception der einfachen akustischen Eindrücke auch die *zusammengesetzten musikalischen Klänge* zum Bewufstsein zu führen.

---

*) p. 58. „Diese wachsende Differenzierung geht Hand in Hand mit einem wachsenden Engerwerden der Kommunikation zwischen Schnecke und Sack, einer immer gröfsern Selbständigkeit der Schnecke, und das weist, meine ich, wie bei der pars superior und inferior in toto, auf eine Differenz in der physiologischen Funktion beider Teile hin, die sich von vornherein dahin präzisieren läfst, dafs, von den Reptilien angefangen, der sacculus ausschliefslich Vermittler einer durch die Bewegungen des besonderen Schallzuleitungsapparates bedingten, *einfachen Gehörempfindung* ist, während dagegen die Schnecke freilich auch eine solche vermitteln kann, aber, von den Reptilien angefangen, immer mehr dazu dient, die durch die Gehörknöchelchen hervorgerufene Bewegung in einen Nervenvorgang umzusetzen, der im Zentralorgane die Tonempfindung bedingt, eine Funktion, die wohl bei den Säugern und den Menschen, vielleicht auch schon bei den Vögeln, nahezu als ausschliefslich anzusehen ist.“

Hypothese O. Baers (1872).[103])

„Die Haare der Haarzellen sind die für die Mitschwingungen abgestimmten Organe. Die Bewegung, die sie erfahren, setzt sich auf das Protoplasma fort und wird von diesem auf die in dasselbe einmündenden Nervenendfasern direkt übertragen. Alle anderen Teile des Cortischen Organs ordnen sich den Haarzellen als bloſse Stütz- und Hilfsapparate unter.“ *)

Folgendes spricht zu Gunsten dieser Ansicht:

1. Man kann schon per exclusionem zum Schluſs gelangen, daſs es nicht die Cortischen Bogenpfeiler, sondern die Haarzellen sind, welche eine Rolle im Hörakt spielen.

2. Auch Helmholtz gibt zu, daſs die behaarten Epithelzellen die einzigen konstant auftretenden Gebilde sind, welche bei allen Tieren beobachtet werden, während die Cortischen Bogenpfeiler bei den Vögeln, den Amphibien und den Reptilien fehlen.

3. Es ist erwiesen, daſs die Nervenfasern in direkter Verbindung mit den Haarzellen stehen. Die Schallwellen erreichen demnach die Nervenendigungen auf einem direkten Wege, und nicht auf einem Umwege, wie denn ein solcher nicht im Wesen der Natur liegen würde. In dieser Hinsicht erinnert das Ohr an die Retina.

4. Die Haare der Haarzellen scheinen zum Mitschwingen ganz geeignet zu sein, da sie ohne Zweifel elastische Gebilde sind.

5. Die Anordnung der Haarzellen weist darauf hin, daſs die Erschütterungen ihres Protoplasmas möglichst isoliert vor sich gehen können. Sie sind nämlich nicht, wie die übrigen Epithelzellen dicht aneinander gedrängt, sondern sie sind durch eine geeignete Vorrichtung — die lamina reticularis — in einer bestimmten Distanz von einander entfernt und hängen frei in den Ringen dieses netzförmigen Gebildes.

6. Die Versuche Hensens, welche uns zeigen, wie bei verschiedenen Hornklängen verschiedene Härchen schwingen, sprechen zu Gunsten der Ansicht, daſs die Haare der Haarzellen ebenfalls vibrieren.

7. Für die aktive Anteilnahme der Härchen beim Hörakt spricht auch noch der Umstand, daſs man sie beim Menschen, dessen Gehörorgan doch die allerhöchste Entwickelung erreicht hat, in vier Reihen vorfindet, während bei anderen höheren Tieren nur drei Reihen von Haarzellen vorhanden sind.

Alle die angeführten Erwägungen sprechen für die Richtigkeit der Annahme der Funktion der Haarzellen beim Hören. Dieselbe vollständig ergründen wird man wohl kaum jemals können. Die Worte Albrecht Hallers gelten auch noch für unsere Zeiten: Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist; zu glücklich, wenn sie nur die äuſsere Hülle weist.

*) l. c. p. 21.

Hypothese Alfred Mayers (1874).[134])

Mayer kommt unabhängig von Baer zu einer ähnlichen Schlufsfolgerung. Die Klänge werden in ihre einfachen Töne vermittelst Haarzellenfäden („hair-cell-cords") zerlegt, welche je nach der Vervollkommnung des Organs gröfser oder kleiner sind, und welche sich zwischen der membrana basilaris und der lamina reticularis befinden. Unter normalen Verhältnissen können die betreffenden Zellen nur durch Vermittlung der membrana basilaris erregt werden.*)

Hypothese M. Lawdowskys (1874)[137])

Dieselbe ist aus den höher oben angegebenen, mehr oder weniger wahrscheinlichen Ansichten zusammengestellt und durch eigene Annahmen ergänzt. In der Lawdowskyschen Arbeit wird nicht nur die funktionelle Bedeutung der einzelnen Teile des Labyrinths, sondern es werden auch ihre mikroskopischen Elemente einer Besprechung unterworfen. Lawdowsky sucht, sich nur auf die anatomische Struktur und Anordnung der Elemente stützend und ohne die durch die experimentelle Physiologie errungenen Thatsachen (Flourens 1828) zu beachten, den passiven oder aktiven Anteil der einzelnen Teile des Labyrinths an den Schalleindrücken und Schallwahrnehmungen zu erklären. Aufserdem läfst er hierbei die Ansicht von Goltz (1870) über die Bedeutung der Endolymphe und diejenige Breuers (1873) über die Otolithen vollständig aufser Erwägung.

Wenden wir uns nun zum Inhalt seiner Arbeit, welche er selbst als eine physiologische „Skizze" betrachtet. —

Der Auszug aus derselben dürfte in Folgendem enthalten sein:

Als zur Bildung einer Klangwahrnehmung dienend, werden im allgemeinen drei Arten von Gebilden angenommen:

I. Gebilde, welche in konsonierende Schwingungen geraten können, welche sie dann anderen anatomischen Teilen und zuletzt dem Gehirn mitteilen: das wäre jene Gruppe von Gebilden, welche aus den Saiten der Basilarmembran mit den Cortischen Bogenpfeilern besteht.

II. Perceptionsapparate, d. h. die Apparate der Endkörper mit ihren Nerven. — Es ist anzunehmen, dafs im Gehörorgan für Töne jeder Höhe, gerade so wie im Auge für jede der Grundfarben des Spektrums, eine bestimmte Nervenfaser existiert, welche auch durch zusammengesetzte Klänge, welche ihr entsprechen, erregt wird.

III. Einrichtungen, welche jene Schwingungen in einem gewissen Grade abschwächen, dämpfen (die Cortische Membran).

*) Einzelheiten über die MAYERschen Versuche findet man in: STUMPF, Tonpsychologie Bd. II, 103 (1890). Letzterer konnte alle Beobachtungen MAYERs nicht bestätigen.

[137]) M. LAWDOWSKY. Histologie des Endapparats der Schneckennerven. St. Petersburg 1874. Nur in russischer Sprache erschienen.

Ausführlicheres.

I. Vibrierende Gebilde.

Die membrana basilaris mit den auf ihr verteilten Gebilden stellt drei Abteilungen vor: die habenula perforata, die habenula tecta und die zona pectinata. Die habenula perforata bietet in akustischer Hinsicht geringes Interesse dar; sie stellt eigentlich nur die Fixationspunkte für die inneren Cortischen Bogenpfeiler dar. An dieser Stelle ist die Schwingungsamplitude der Fasern der membrana basilaris gleich Null.

An der habenula tecta und der zona pectinata kann man vier Stellen unterscheiden, welche nicht mit gleicher Kraft schwingen, weil sie von ungleich verteilten Epithelmassen umgeben sind.

Die erste von diesen Stellen entspricht dem ganzen Umfang der habenula tecta, die zweite einem schmalen hinter der ersten Stelle befindlichen Streifen, auf welchem die äufseren Bogenpfeiler angebracht sind, die dritte Stelle stellt den gröfsten Teil der zona pectinata dar, welcher von Epithel bedeckt ist, die vierte Stelle ist klein, von Epithel frei, auf ihr befindet sich der Apparat der Endelemente, und sie stellt den Boden des Bogentunnels dar. L. hält die Cortischen Bogenpfeiler für Gebilde, welche ihrer Struktur nach den übrigen Fasern der membrana basilaris analog wären. Hierin scheint er also anderer Ansicht zu sein als die übrigen Forscher.

Die Bogenpfeiler müssen, um normal funktionieren zu können, eine gewisse Spannung besitzen und sich *kontrahieren* können. Durch elektrische Reizung konnte Lawdowsky mikroskopisch eine Verkürzung der Bogenpfeiler und eine Dickenzunahme ihrer Körper bemerken. Im Augenblick des Absterbens schrumpfen sie zusammen und nehmen gewöhnlich eine s-förmige Gestalt an. Da die Bogenpfeiler sich kontrahieren können, so müssen sie jeden Augenblick die musikalische Stimmung der membrana basilaris ändern. Demgemäfs verhalten sich die Bogenpfeiler nicht blofs passiv als Stützen, sondern sie nehmen auch einen aktiven Anteil an der Gehörwahrnehmung. L. meint ferner, dafs bei einem einfachen Tone nicht nur eine Faser der membrana basilaris, sondern eine ganze Gruppe, eine ganze Abteilung von Fasern vibriert. „Eine jede derartige Abteilung von Fasern stellt mit dem ihnen zugehörigen Bogen eine physiologische Einheit dar.“

Die kleinen kurzen Haare, welche fest auf den Endorganen der Schnecke sitzen und welche durch die Cortische Membran bedeckt sind, können nur kurze Zeit schwingen; es ist auch ferner ersichtlich, „dafs ihre Schwingungen nicht gleichmäfsig und regelrecht periodisch, wie die Schwingungen der Saiten der membrana basilaris und der Gehörzellen der Ampullen und des Vorhofs. sein können“. Diese Vorstellung berechtigt Lawdowsky, wie er meint, die Schneckenhaare als *Geräusch wahrnehmende* Organe in Anspruch zu nehmen, im Gegensatz zu Helmholtz, welcher die Wahrnehmung der Geräusche im Vorhof lokalisiert.

II. Percipierender Apparat.

Die Aufgabe dieser Gruppe besteht darin, die Schwingungen der Saiten der membrana basilaris, der Cortischen Bogenpfeiler und der Haare auf die an sie herangehenden Nervenfasern überzuleiten und sie auf diese Weise dem Gehirn mitzuteilen.

Der eigentliche Akt der Übermittelung der Vibration auf den Endapparat geschieht folgendermafsen: Die Schwingungen der Saiten werden zunächst den Endelementen mitgeteilt, so dafs diese ebenfalls vibrieren; ein grofser Teil der Schwingungen wird sich nach dem verdickten Teil der Kuppel der Cortischen Bögen und dem oberen Teile des Fixationsapparates hin ausdehnen, ihre Richtung nach den oberen Partieen der Elemente hin nehmend.

Das Resultat einer derartigen Konvergenz der Schallwellen nach bestimmten Punkten hin müfste eine direkte Erregung derselben sein. Diese Punkte nun wären die protoplasmatischen Teile der Endelemente mit den zu ihnen führenden Nervenfasern.

Die Bewegungen der Haare der Endzellen werden den letzteren als *Geräusche* übermittelt.

III. Dämpfungsapparate.

Die Cortische Membran ist für Schwingungen nicht geeignet. Eine so weiche, schwammige Masse, welche wie ein Kissen auf dem percipierenden Apparate ruht, kann unmöglich vibrieren; sie stellt vielmehr eine Abwehr gegen die Schallwellen dar, welche in das akustische Organ hereinstürmen. Sie werden hier reflektiert und gegen die zona pectinata gerichtet, durch deren dünne Epitelialschicht sie leicht auf die Saiten wirken können. Ohne die Cortische Membran, ohne diese den Schallwellen entgegengestellte Wand würden die Erschütterungen der Labyrinthflüssigkeit eine Menge zarter Gebilde, wie z. B. die Härchen, womöglich zerstören oder wenigstens in einen abnormen Zustand versetzen. — Aufserdem wirkt die Cortische Membran, indem sie einen leichten Druck auf die von ihr bedeckten Elemente ausübt, in gegebenen Augenblicken (wann?) wie ein Dämpfer.

Die Schnecke scheint somit eine zweifache Funktion zu verrichten, sie dient einmal zur Perception von Geräuschen und zweitens zur Unterscheidung der Tonhöhe und der Klänge (des Timbres).

Funktion des übrigen Labyrinths.

Die Hörhaare der Ampullen und der Säckchen werden von L. als funktionell gleiche Organe angesehen, welche nur auf regelmäfsige Schwingungen reagieren.

Hinsichtlich der Otolithen neigt L. zur Ansicht Waldeyers. Sie dämpfen die Wirkung der Endolymphschwingungen.

Ansicht **Dennerts** (1876, 1877).[138])

Gegen das Ende seiner Schrift über die Entstehung von Tönen und Schwebungen wird die Vermutung ausgesprochen, dafs, während der Vorhof und die halbzirkelförmigen Kanäle als Organe zur Beurteilung von Vorgängen allgemeinerer Natur angesehen werden müssen, wir in der Schnecke das Organ für die „Nuancierung des Gehörten“ besäfsen (1877). „Wir werden deshalb vielleicht nicht fehlgreifen (?), wenn wir

---

[138]) Herm. Dennert. Zur Physiologie des Gehörorgans. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. XII, p. 191—203. 13. Juli 1877. Cf. 1876.

annehmen, dafs wir mit den Vorhofsgebilden alles hören, aber undeutlich und in unbestimmten Umrissen: das Mitwirken der Schnecke giebt dem Gehörten die feinere Nuancierung, Form und Gestalt. Wir hören mit dem Vorhof, wir verstehen mit der Schnecke" (1876). Aufserdem mufs man annehmen, dafs im Ohr ein Organ vorhanden ist, mit welchem Bewegungen im allgemeinen empfunden werden.

Hypothese Voltolinis (1885).[139])

„In der Schnecke hört jede Gehörzelle (Nervenzelle) Alles, und je gröfser die Zahl von intakten Zellen, desto schärfer ist das Gehör. Aus der Summe der empfindenden Hörzellen, die alle ein und dasselbe hören, resultiert die Schärfe des Gehörvermögens."

---

[139]) Einiges Anatomische aus der Gehörschnecke und über die Funktion derselben resp. des Gehörorganes. Hierzu Taf. II—III. VIRCHOWs Archiv. Bd. 100 p. 27—41. 3. April 1885.

„Als CORTI in der Schnecke eine neue Welt entdeckte, war man über die Funktion derselben einen Schritt weiter gekommen, ja man glaubte sogar durch diese Entdeckungen mit einem Male alle Rätsel gelöst zu haben. Ein grofser Mann nannte in einer schwachen Stunde das CORTIsche Organ das „Klavier im Ohre". Dieses Ausdruckes bemächtigten sich sofort sogar die Feuilletonisten der politischen Zeitungen und sahen womöglich einen leibhaftigen Beethoven mit Haut und Haaren im Ohre sitzen, welcher die Tasten, d. h. die CORTIschen Fasern, regierte, wobei man sich etwa die zahlreicheren aufsteigenden CORTIschen Fasern als die weifsen Tasten, die absteigenden spärlicheren als die schwarzen des Klaviers dachte. Aber der schöne Traum fing an zu zerrinnen, als nachgewiesen wurde, dafs die hochmusikalischen Vögel kein CORTIsches Organ besitzen. Ganz ist aber jene Anschauung noch nicht geschwunden, denn noch immer bemühen sich manche durch Experimente und Sektionen nachzuweisen, dafs bestimmte Regionen der Schnecke den hohen Tönen, andere Regionen den tiefen Tönen vorstehen — ähnlich eben wie bei einem Klavier. Und als nun gar HENSEN bei einigen Krebsarten gefunden haben will, dafs gewisse Hörhaare durch bestimmte Töne besonders in Schwingen geraten, da gewann die Klavier-Theorie wieder neue Nahrung und würde dann etwa ein ähnliches Verhältnis herauskommen, wie bei jener russischen Musikbande, welche vor circa 50 Jahren Deutschland durchzog. Jeder Musikus hatte ein Blasinstrument, das nur *einen* Ton von sich gab, aber durch die aufserordentliche Übung der Kapelle kam ein leidliches Konzert zu stande".

„Man hat bei Deutung der Funktion des Gehörorganes zu sehr die Analogie mit dem Sehorgane festgehalten. Das Auge ist einfach ein photographischer Apparat, nur mit dem Unterschiede, dafs es das Bild, welches beim gewöhnlichen Photographieren sich auf der Platte fixiert, sofort wieder vernichtet, um sogleich einem zweiten Bilde Platz machen zu können. Ist in der Retina ein Defekt, so fehlt dann ebensoviel von dem Bilde, als der Defekt auf der Retina beträgt. Ganz anders verhält sich die Sache beim Gehörorgane, hier hört nicht eine Region a, die andere cis u. s. w., sondern in der Schnecke *hört jede Region, d. h. jede Gehörzelle (Nervenzelle) alles, und je mehr Zellen intakt sind, desto schärfer ist das Gehör. Aus der Summe der empfindenden Hörzellen, die alle dasselbe hören, resultiert die Schärfe des Gehörvermögens.*"

STEPANOW [140]) suchte (1886) die VOLTOLINIsche Hypothese experimentell zu beweisen, indem er einzelne Teile der Schnecke bei Meerschweinchen nach der unexakten Methode GELLÉs (s. Abschnitt über die Experimentalmethoden) zerstörte; auf Grund dieser Versuche gelangte er zur Schlufsfolgerung, dafs die Zerstörung der Spitzen und der mittleren Teile beider Schnecken keinen Verlust in der Perception von Tönen der musikalischen Skala zur Folge hätte, und dafs demnach die Hypothese von der isolierten Perception der Töne hinfällig sei. Als Erkennungsmittel der Gehörwahrnehmungen des operierten Tieres dienten die schon früher von PREYER (1881) beschriebenen Bewegungen der Ohrmuscheln.

P. SCHEREMETEWSKI (1886) [141]) erhob in einer ärztlichen Vereinssitzung Einwände gegen STEPANOW, durch welche er auf die Unzulänglichkeit dessen Versuche und das Voreilige der Schlufsfolgerungen hinwies. (1886.)

C. BRÜCKNER (1888) [113]) führte einige Annahmen zu Gunsten der Ansicht VOLTOLINIS an. Der Ton eines in der Mitte fixierten Metallstabes wird tiefer, je stärker der Stab gebogen wird. Dasselbe wird beobachtet, wenn die Enden des Stabes fixiert sind. Gibt man nun Drähten von gleicher Länge und gleicher Stärke eine verschiedene Krümmung und befestigt sie in

[140]) STEPANOW. Experimenteller Beitrag zur Frage über die Funktion der Schnecke. Monat. f. O. 1888.

[141]) Zur Ansicht SCHEREMETEWSKIs neigt auch C. STUMPF (1890) [10]) Bd. II, p. 97.

Bd. II, p. 97. „Im allgemeinen mufs man Ergebnissen auf diesem Gebiete um so zurückhaltender gegenüberstehen, je zuversichtlicher sie vorgetragen werden. Schon in dieser Hinsicht scheinen diejenigen BAGINSKYs das gröfsere Zutrauen zu verdienen. Einwurfsfrei sind sie allerdings auch nicht.

„Es bleibt namentlich denkbar, dafs die Hunde bei gröfserer Tonstärke (etwa bei Anwendung des Bombardons) auf tiefe Töne reagiert hätten. Anderseits würde man freilich hier Obertöne verantwortlich machen können. Man kann dies in der That bei STEPANOWs Versuchen. Aufserdem läfst sich gegen diese auch einwenden, dafs der Reflex nicht notwendig und ausschliefslich Folge einer *akustischen* Empfindung zu sein braucht. Deshalb möchte ich bezweifeln, ob ganz entscheidende Ergebnisse auf solchem Wege zu gewinnen sind."

Bemerkung A. BARTHs, welcher über die Arbeit v. S. in der Zeitschr. f. Ohrenh. Bd. XIX, p. 180. 1888. referiert.

„Ref. erlaubt sich auf drei Punkte aufmerksam zu machen: 1. Die anatomischen Untersuchungen haben für die Erklärung physiologischer Erscheinungen leider noch immer einen nur relativen Wert. 2. Ist der Reflex der Ohrmuschelbewegung ein Zeichen nur für akustische Wahrnehmung? 3. Wenn wir das letztere als Thatsache annehmen, wer will beweisen, dafs das Tier die *Töne* als solche und unverändert ebenso, wie ein unverletztes Gehörorgan wahrgenommen hat? Es ist also für die Frage, ob die Töne vorwiegend in der Schnecke, und hier wieder in bestimmter Anordnung zur Wahrnehmung übermittelt werden, etwas strikt Beweisendes *nicht beigebracht*."

Einwurf GELLÉs (1887). [142])

p. 231. „Il semble résulter des expériences récentes de Ouspensky (de Moscou; eigentlich Stepanows) que les cobayes, sont sensibles à des sons de diverses tonalités après la destruction du limaçon. On a voulu en tirer cette conclusion que la théorie d'Helmholtz serait mise en échec; il ne faut pas oublier que c'est sans doute *sous forme de bruit* que ces animaux perçoivent les sons, et qu'ils les sentent par les nerfs utriculaires sans doute."

aufrechter Stellung auf einem Brett, so erzeugen die weniger gebogenen Drähte höhere und umgekehrt stärker gebogene Drähte tiefere Töne. Diese Beobachtung läfst sich für die Erklärung der Erscheinungen in der Schnecke anwenden. Da jedoch die „Bogen der Hörstäbchen“ an der Schneckenspitze flacher sind, als an der Schneckenbasis (Hensen), so würden ihre Schwingungen mit denjenigen der Fasern der ganzen membrana basilaris nicht übereinstimmen, weil die Bögen an der Spitze eine gröfsere und die Bögen an der Schneckenbasis eine geringere Zahl von Schwingungen ausführen müfsten. Dieser Unterschied wird aber durch eine gröfsere *Länge* der bogenförmigen Fasern an der Schneckenspitze ausgeglichen, infolge deren letztere langsamer schwingen.

„Dadurch wird es wahrscheinlich, dafs die Zahl der Bogenschwingungen in der ganzen Schnecke annähernd dieselbe ist, so dafs sämtliche Bögen der ganzen Schnecke gemeinsam und zugleich mit jedem Tone mitschwingen, wie der Resonanzboden des Klaviers bei jedem Tone, sei derselbe hoch oder tief, mitschwingt. Da nun das Cortische Organ sehr klein ist, so ist anzunehmen, dafs, analog den Schwingungen sehr kleiner Membranen, z. B. Trommelfell, welche je weniger Eigenton dieselben haben, um so leichter bei verschieden hohen Tönen mitschwingen, auch die sehr kleinen Gehörstäbchenbögen der sehr verschiedenen Schwingungszahl der verschieden langen Seiten sich anschliefsen. Da nun ferner Hensen es für sehr zweifelhaft hält, dafs Luftbewohner anders als durch die Gehörmembranen Tonwahrnehmungen empfinden, indem er sagt: „Bei genau verschlossenen Ohrgängen und Stellung auf einem Teppich ist man gegen in der Luft verlaufende Schallwellen völlig taub“, und da die Schnecke den Bewegungen des Stabes besonders ausgesetzt ist, so wird es noch um so wahrscheinlicher, dafs die Schnecke die Töne zum Bewufstsein bringt, indem die gestielten Cortischen Zellen die Perception, die Deiterschen Zellen die Dämpfung (Boettcher, 1887) bewirken.“

Hypothese Gellés (1887).[142])

Gellé stellte Versuche an einem schematisirten Modell der Schnecke an. Auf Grund dieser Experimente meint er, dafs die Schnecke ein „appareil collecteur par excellence des excitations sonores“ wäre.

Besagte Versuche wiesen darauf hin, dafs die knöcherne Schnecke zur Konzentration von Schallwellen in der Vorhofsscala („rampe sensorielle“) beitrage. Die allergeringsten durch den Steigbügel bedingten Veränderungen in der Spannung der Membran des ovalen Fensters genügen, um die Schwingungen des runden Fensters, durch welches Töne aus der Paukenhöhle ins Labyrinth dringen, abzuschwächen oder ganz

---

[142]) Gellé. Études d'otologie. T. II. 1888.

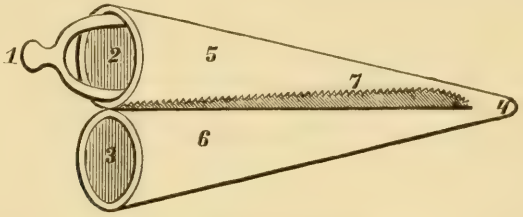
p. 218—233. De l'audition. Fonction du limaçon. Rôle du limaçon osseux. Etude experimentale. Vorgelesen in der Société de Biologie. 2. April 1887.

p. 220. „Je ne voudrais ici que faire sentir combien on a tort de réduire le rôle du limaçon et d'en faire un organe des perceptions musicales. Il est avant tout l'organe qui récolte la plus grande somme possible de vibrations sonores, simples, simultanées ou successive; c'est grâce à la grande surface sensorielle qu'il offre au courant sonore, que les sons peuvent se composer, s'associer, se combiner, se fondre et produire la sensation résultante. C'est par l'éducation seulement que le limaçon deviendra l'organe de la musique.“

aufzuheben. Die Schwingungen der Schneckenflüssigkeit werden dem Nervenendapparat in der Vorhofsskala übermittelt. Die Schwingungen

Die beigefügten Abbildungen sind mit Ausnahme der letzten im Original nicht aufgenommen. Herr Dr. GELLÉ hat den Verfasser, indem er sie ihm zur Verfügung stellte zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

Fig. 74.



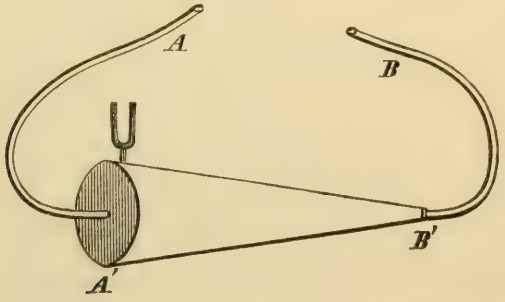
Apparat nach GELLÉ.

1. Stapes. *2.* Fenestra ovalis. *3.* Fenestrarotunda mit ihrer Membran. *4.* Helicotrema. *5.* Scala vestibuli. *6.* Scala tympani. *7.* Membrana basilaris mit der „crête auditive", welche nach der Spitze zu immer breiter wird.

Um die Vorstellung der akustischen Vorgänge in der Schnecke sich zu erleichtern, kann man letztere als die Kombination zweier stumpfer Kegel auffassen, welche mit ihren oberen Teilen sich berühren.

I. Versuch. (Fig. 75.) Man nimmt einen stumpfen, mit Wasser angefüllten Kegel aus Kautschuk, an dessen Basis *A'* und an dessen Spitze *B'* eine Membran ausgespannt ist, welche mit den Schläuchen (Otoskopen) *A* und *B* in Verbindung steht. Der eine Schlauch, welcher mit der Spitze verbunden ist, wird in das rechte Ohr, der

Fig. 75.



zweite basale Schlauch in das linke Ohr eingeführt. Den Ton erzeugt man mittels einer Stimmgabel, welche entweder auf die Wand des Kegels, oder auf die Spitze *B'*, oder an der Basis *A'* aufgesetzt wird. Befindet sich die Stimmgabel auf der Kegelwand, so wird der Ton mittels des Otoskops links gehört. Durch Zuquetschen des rechten Schlauchs *B* wird die Stärke des Tones nicht geändert. Durch Zudrücken des linken Schlauchs *A* erlischt der Ton fast vollständig am linken Ohr, wiewohl die Stimmgabel demselben näher sich befindet als dem rechten Ohr.

II. Versuch. Die Stimmgabel wird auf das Kautschukrohr über der Spitze des Kegels aufgesetzt. Das linke Ohr hört kaum den Ton an der Basis. Wenn man eine Stimmgabel an der Wand des Kegels entlang weiterhin nach der Basis

der Cortischen Membran potenzieren die Übergabe der Schallwellen an den Nervenendapparat. Daher der oben erwähnte Ausspruch Gellés. Die Schnecke ist der Ort, an welchem die einzelnen Schwingungen alle möglichen Kombinationen eingehen und hierdurch die Ursache für die Empfindung des Timbres, der Intervalle, der Akkorde, sowie für die anderen Schallwahrnehmungen abgeben. —

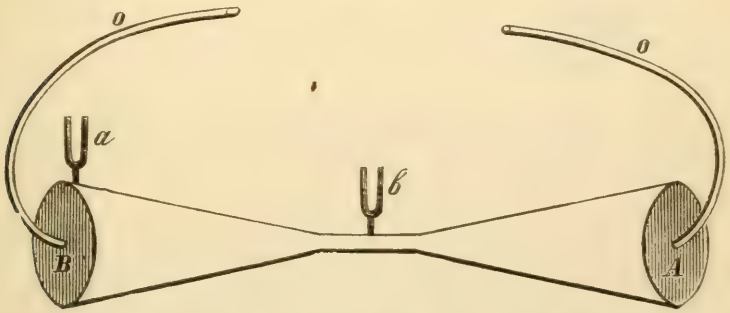
---

hin translociert, so hört man den Ton mit dem Otoskop A an jeder Stelle gleich stark.

Man empfindet also eine deutliche Abschwächung des Tones nicht bei Veränderung der Stimmgabelstellung von der Basis bis zur Spitze, sondern nur dann, wenn die Stimmgabel über der Spitze an der Ansatzstelle des Otoskops aufgesetzt ist. Dasselbe findet statt, wenn man den Versuch umkehrt.

III. Versuch. Zwei gleiche Kegel (deux poires de caoutchouc) (siehe Fig. 76) mit einer Basis von 8—10 cm im Durchmesser werden mit ihren Spitzen mittels eines

Fig. 76.



Kautschukschlauchs von 1 cm Durchmesser und von 5 cm Länge miteinander verbunden; der ganze Apparat wird mit Wasser gefüllt. Man bedient sich, um den Ton aufzufangen, zweier Otoskope, welche vorsichtig mit ihrem einen Ende an verschiedenen Stellen mit den Wänden der Kegel in Berührung gebracht werden.

a) Die Stimmgabel befindet sich an der Basis des linken Kegels B; das Ohr ist mittels des Otoskops mit dem rechten Kegel A verbunden, in welchem man den Ton hört. Es genügt nur eine geringe Abschwächung des Tones, damit er dem Ohr nicht mehr wahrnehmbar sei. Wenn man aber einen ganz gelinden Druck auf den Kegel A ausführt, kommt der Ton wieder zum Vorschein und umgekehrt.

b) Die Stimmgabel befindet sich auf dem Verbindungsschlauch. Der Ton wird undeutlich im Kegel A sowohl, als auch im Kegel B gehört. Ist er ganz erloschen, so braucht man die Stimmgabel nur nach den Spitzen hin zu versetzen und das Otoskop an die Basis zu bringen, damit der Ton wieder gehört werde.

c) Die Stimmgabel befindet sich auf dem Verbindungsschlauch. Ein geringer Druck auf den Kegel B genügt, damit der Ton im Kegel A aufhöre.

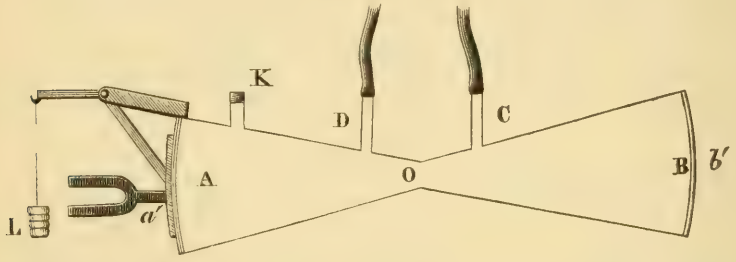
Schlufsfolgerung. Die Veränderungen in der Gehörwahrnehmung bei schwachem oder starkem Druck auf die elastischen Wände der Kegel erklären in ziemlich bestimmter Weise die Rolle der häutigen Teile des Labyrinths bei der Schallleitung der Labyrinthflüssigkeit. Diese Versuche weisen auch auf den bedeutenten Verlust der lebendigen Kraft bei der Abschwächung des Tones während seines Durchtretens durch verengte Stellen hin.

Können Menschen und Tiere ohne Schnecke hören?

Eine kleine Anzahl klinischer Betrachtungen, sowie einige an Tieren ausgeführte Experimente haben manchen Autoren zu der Annahme Veranlassung gegeben, dafs das Gehör nach Verlust der Schnecke erhalten bleibe.

IV. Versuch. Zwei stumpfe Kegel *A* und *B*, 2 m lang (Fig. 77), sind mit ihren Spitzen verbunden (*o*). Auf ihren Basalrändern (10 cm im Durchmesser) sind die Kautschuckmembranen *a'* und *b'* ausgespannt.

Fig. 77.



Der ganze Apparat wird durch das Röhrchen *K* mit Wasser gefüllt. Auf die Membran *a'* ist ein Brettchen aufgeklebt, welches mit dem Gewichte *L* in Verbindung steht, wodurch man die Spannung der Membran nach Belieben verändern kann, wie dies aus der Abbildung ersichtlich ist.

a) Man setzt die Stimmgabel in der Entfernung von einigen Centimetern von der Basalmembran des Kegels *A* auf. Der abgeschwächte Ton wird sehr scharf durch ein Otoskop, welches die Membran des zweiten Kegels *B* berührt, gehört. Ein ganz unbedeutender Druck auf diese Membran verschärft die Gehörwahrnehmung; erhöht man jedoch den Druck noch mehr, so hört dieselbe vollständig auf. Das Schlagen einer Uhr, welche in einer Entfernung von 3 cm vor der Membran *A* sich befindet, wird an der Seite *B* nicht gehört. Es genügt aber, *L* mit 100 gr zu beschweren, damit das Uhrschlagen gehört werde. Wird das Gewicht entfernt, verschwinden die Uhrschläge wieder.

Schlufsfolgerung. Ein ungenügender Spannungszustand der Membranen und eine Herabsetzung des endolabyrinthären Druckes haben eine Abschwächung der Gehörwahrnehmung zur Folge. Ein gewisser Grad von Spannung begünstigt und verstärkt die Leitung einiger Töne; anderseits aber ziehen geringe Spannungsveränderungen den Verlust des Tones nach sich. In pathologischen Fällen kann man klinisch alle möglichen Modifikationen in der Spannung der membranösen Teile des Labyrinths beobachten. — In einer Entfernung von 5 cm vom Berührungsort der beiden Kegel (*o*) wird in die Kegelwand *A* ein Glasröhrchen *D* von 1 cm Durchmesser eingesetzt; über dieses Glasröhrchen wird ein Kautschukschlauch gezogen, welcher mit dem linken Ohr in Verbindung gebracht wird. In das rechte Ohr führt man ein Otoskop ein, welches auf die Membran *B* aufgesetzt wird. Durch diese Einrichtung läfst sich die Stärke des Tones an der Übergangsstelle von einem Kegel zum anderen bestimmen.

b) Die Stimmgabel befindet sich in einer Entfernung von 3 cm von der Membran *A*. Man hört nun den Ton sehr laut und deutlich in *D* und sehr schwach in *B*. Wird aber die Spannung der Membran durch 200 gr erhöht, so wird der Ton in *D* sofort abgeschwächt und hört in *B* vollständig auf.

Es sind in der Litteratur circa 50 Fälle von einseitiger Schneckennekrose [143]) angegeben (der erste Fall ist im J. 1833 veröffentlicht): hier-

---

Hier soll die Membran *A* das ovale Fenster mit dem Steigbügel vorstellen, welcher durch seine Bewegung nach innen den intralabyrinthären Druck sowie die Spannung der Membran des runden Fensters *B* erhöht.

Schlufsfolgerung. Der Versuch deutet darauf hin, dafs, wenn die Töne durch das runde Fenster ihren Weg nehmen, sie die Vorhofsskala in sehr abgeschwächtem Zustande erreichen und die Endapparate nicht genügend erregen können. In pathologischen Fällen, bei Verwachsung des Steigbügels mit den Rändern des ovalen Fensters, verbleibt das runde Fenster als alleiniger Weg für das Durchleiten der stark abgeschwächten Töne in die Schnecke. Warum nun auf diesem Wege die Töne den Nervenendapparat in abgeschwächtem Zustande erreichen, das erklärt uns das angeführte Experiment. Die Schallwellen begegnen auf ihrem Wege durch das runde Fenster in der Schnecke einer verengten Stelle, dem Helicotrema, welches der engen Stelle der Kegelverbindung im Versuch entspricht. Ausserdem genügt eine geringe Druckerhöhung, um die Schallleitungsfähigkeit des runden Fensters auch noch abzuschwächen.

c) Um die Stärke des durch die Kegelspitzen durchgedrungenen Tones kennen zu lernen, wird eine zweite Öffnung *C* im Kegel *B* in einer Entfernung von 5 cm vom Berührungspunkte beider Kegel angelegt. Der Schlauch *D* wird in das linke Ohr eingeführt, der Schlauch *C* in das rechte. Es läfst sich dann sofort mit Bestimmtheit konstatieren, dafs das linke Ohr den Ton intensiver wahrnimmt als das rechte Ohr, wiewohl die Entfernung zwischen den beiden Schläuchen 6 mal geringer ist, als die Entfernung des Schlauchs *D* von der Basis des Kegels *A*. Unter solchen Umständen mufs man die Abschwächung des Tones in Zusammenhang mit seinem Durchgang durch die verengte Stelle bringen.

Mit der erhöhten Spannung der Membran des Kegels *A* wird der Ton verstärkt. Das Abklingen der Stimmgabel von *A* wird dann noch deutlich in *D* gehört, wenn es in *C* vollständig erloschen ist. Eine geringe Erhöhung der Spannung in *A* genügt, damit der in *C* noch gehörte Ton vollständig verloren geht, während er in *D* leicht verstärkt wird. Diese wichtige Thatsache wird durch die enge Stelle erklärlich.

V. Versuch. In allen den vorangegangenen Fällen übertrug die Membran *a'* des Kegels *A* nur die Luftschwingungen auf das Wasser. Dieselben Erscheinungen, nur noch viel stärker, wurden auch dann beobachtet, wenn die Stimmgabel direkt an das Brett der Membran *a'* angebracht wurde (siehe die Abbildung).

GELLÉ behauptet, dafs nach Beseitigung der Schnecke das Gehör noch bestehen kann: „Le limaçon peut disparaître sans que l'audition soit perdue". Anderseits aber: „Le limaçon est un organe auditif par excellence. Le limaçon constitue l'appareil le mieux adapté à la réception de la foule des excitations vibratoires simultanées ou successives". — „Mais on doit tirer de là cette conclusion que le limaçon n'est pas indispensable à l'audition; en faisant cette réserve que, dans ce cas, l'audition conservée est très — limitée cependant."

[143]) FRIED. BEZOLD. Labyrinthnekrose und Paralyse des Nervus facialis. Zeitschrift für Ohrenheilkunde. Bd. XVI, p. 119—211. In dieser Abhandlung sind fast alle veröffentlichten Fälle von Schneckennekrose zusammengestellt. Ganz besondere Aufmerksamkeit schenkt B. denjenigen Fällen, in welchen Spuren von Gehör vorhanden waren.

„Diese fünf positiven Ergebnisse der Hörprüfung bei Labyrinthnekrose (Fall CASSEL, CHRISTINNECK, GUYE, JACOBSON, GRUBER; später sind noch einige

von soll in 7—8 Fällen das Gehör auf der Seite der nekrotischen Schnecke erhalten geblieben sein.

Auf Grund dieser Beobachtung ist von verschiedener Seite die An-

---

Fälle veröffentlicht worden), denen glücklicherweise eine unverhältnismäfsig gröfsere Zahl mit negativem Ausfall gegenüber steht, schlagen unseren physiologischen Grundanschauungen über die spezifische Leistungsfähigkeit der Endausbreitungen an den Sinnesnerven geradezu ins Gesicht, und wir haben eben deshalb allen Grund, bei der Verwertung derselben vorsichtig, ja den Angaben der Patienten gegenüber mifstrauisch zu sein. Wir wären, wenn wir diese Hörergebnisse gelten lassen, gezwungen, dem Hörnervenstamm selbst eine Erregbarkeit für den unter normalen Verhältnissen von ihm nur fortgeleiteten Sinnesreiz zuzuschreiben, was ungefähr ebensoviel bedeuten würde, als wenn wir vom Opticusstumpf (denn hier ist ein Analogieschlufs vollkommen berechtigt) nach Enucleation des Bulbus eine Erregbarkeit für Ätherwellen bei Einfall von Licht in die leere Orbita erwarten wollten." p. 184.

CASSELs Fall (Archiv f. Ohrenheilk. Bd. IX, p. 240. 1875). Eine 26jährige Patientin erkrankte im Mai 1872 an einer linksseitigen, später auch an einer rechtsseitigen eitrigen Mittelohrenentzündung. Die im April 1873 angestellte Untersuchung ergab folgendes: Taschenuhr wird am Ohr nicht gehört, laute Sprache nur in der Nähe der Ohren. Knochenleitung für die Taschenuhr gleich Null, für die Stimmgabel schwach. Starke subjektive Geräusche. In den Ohren schleimig-eitriges Sekret. Rechts befindet sich ein Granulationspolyp, welcher von der membrana Shrapnelli nach unten sich senkt. Das linke Trommelfell ist vorn perforiert, im übrigen stark verdickt, stark gerötet und von Granulationen bedeckt. Die Schleimhaut der Paukenhöhle gerötet und geschwollen. Hypertropischer Nasenkatarrh. Die Tuben durchgängig. Nach der Luftdouche wird das Gehör so weit verbessert, dafs die an das Ohr gesetzte Taschenuhr gehört wird. Am 19. Oktober 1873 klagt Pat. über heftige Schmerzen im linken Ohr. Bei der otoskopischen Untersuchung des Ohres sah man in der Paukenhöhle eine eigentümliche Masse. Laute Sprache wurde schwer vernommen; die Taschenuhr nur am Ohr. Die Masse wurde entfernt und stellte sich bei näherer Untersuchung als die nekrotische Schnecke mit der in ihrer ganzen Ausdehnung fast wohlerhaltenen lamina spiralis heraus. Hierauf trat eine auffallende Besserung des Gehörs für die Sprache und die Taschenuhr ein, welche letztere auf einen Zoll Entfernung gehört wurde. Es konnte konstatiert werden, dafs die Kranke alle Klaviertöne gleich gut hört; c' und c wurden durch Knochenleitung und durch Luftleitung in einer Entfernung von einigen Zoll gehört. Bei allen diesen Untersuchungen wurde das rechte Ohr gewissenhaft verstopft; bei geöffnetem rechten Ohr war das Ergebnis der Untersuchung dasselbe. Das rechte Trommelfell zeigt eine grau-weifsliche Farbe, stark eingezogen, getrübt und glanzlos. Die Kranke hatte vom Mai bis zum Oktober oft an Schwindelfällen, Erbrechen und schwankendem Gang mit der Neigung, nach links zu fallen, gelitten.

In der folgenden Zeit stiefsen sich bei der Kranken noch einige Knochenstücke aus. Am 26. Oktober 1873 hörte die Kranke laute Sprache sowie die Taschenuhr auf eine Entfernung von 1 Zoll. Nach einem Landaufenthalt gingen die Schwindelerscheinungen, das starke Ohrensausen, sowie der schwankende Gang vorüber. 12. November 1873. Beide Ohren hören einsilbige Worte, welche mit mittelstarker lauter Sprache in einer Entfernung von 16 Fufs gesprochen werden, sowie die Taschenuhr in einer Entfernung von 1 Zoll. Die eitrige Absonderung wurde zwar stärker, aber es trat keine Gehörabnahme ein.

SCHWARTZE, welcher den Fall p. 242 referiert, bemerkt hierzu folgendes

sicht ausgesprochen, dafs die Schnecke ohne Bedeutung für das Gehör wäre, und dafs hierzu der Vorhof genüge.

---

p. 242. „Der Autor der letzten Mitteilung, der mir übrigens als sorgfältiger Beobachter bekannt ist, ist fest davon überzeugt, sich vor einer Täuschung in Bezug auf das noch erhaltene Hörvermögen musikalischer Töne etc. geschützt zu haben. Nichtsdestoweniger ist mit unseren jetzigen physiologischen Anschauungen eine solche Möglichkeit absolut unvereinbar. Die wahrscheinliche Ursache der Fehlerquelle bei der Beobachtung liegt in der Unmöglichkeit vollständiger Exklusion des zweiten, noch hörfähigen Ohres bei den vom Verfasser benutzten Arten der Hörprüfung. Von anderen Teilen des Labyrinthes ist bereits durch mehrfache Beobachtung konstatiert, dafs sie zerstört werden oder durch Nekrose ganz verloren gehen können, ohne dafs völlige Taubheit folgt. Ich erinnere hier nur an den Fall GUYE (Arch. f. Ohrenh. VIII, S. 225). Die akustischen Endorgane in der Schnecke gelten uns aber nach der Hypothese von HELMHOLTZ als unentbehrlich für das Hören musikalischer Töne resp. der Sprache."

Bemerkung BEZOLDs (1886), p. 189:

„Dafs CASSELs Kranke einsilbige, mittellaut gesprochene Worte noch auf 16' verstand, würde nicht unbedingt gegen Taubheit des betreffenden Ohres sprechen, da die mittellaute Sprache noch auf grofse Distanz bei geschlossenem normalen Ohre gehört wird. Aufserdem vernahm sie aber eine Taschenuhr auf nahezu 1" und die Stimmgabeln C'' und C nicht nur vom Kopfknochen, sondern auch in Entfernung von einigen Zollen. Besonders auffällig könnte in diesem Falle eine anscheinende beträchtliche Besserung der Hörweite auf dem schneckenlosen Ohre erscheinen, nachdem der Sequester entfernt war, einer früheren Untersuchung $6^1/_2$ Monate vor seiner Ausstofsung gegenüber, bei der sie laute Sprache nur in unmittelbarer Nähe gehört hatte. Um diese Verschiedenheit des Hörvermögens zu verschiedenen Zeiten richtig zu deuten, müssen wir aber wohl im Auge behalten, dafs gleichzeitig auch auf dem anderen Ohre eine eitrige polypöse Mittelohrentzündung gespielt hat, welche für sich allein ausreichend ist, um grofse Hördifferenzen scheinbar auch auf dem gehörlosen Ohre zu ergeben. Etwas bedenklich erscheint in diesem Falle die Angabe, dafs die Patientin alle Töne der Skala auf dem Piano sicher unterschied."

Fall CHRISTINNECK-SCHWARTZE. Statistischer Bericht der Poliklinik für Ohrenkranke zu Halle. Vom 15. Okt. 1880 bis 15. Okt. 1881. Arch. f. O. Bd. XVIII. p. 293. 1882. 10. Mai.

54jähriger Patient (Schneider) hört circa 3 Wochen nach Entfernung der nekrotischen Schnecke aus dem rechten Ohr die Stimmgabel C am rechten Ohr nicht; wohl aber mit Hilfe eines Resonators. Vom Scheitel aus wurde der Ton c nach rechts verlegt, während er 3 Wochen früher in beiden Ohren gleich deutlich gehört wurde.

(„Ich dächte auf beiden Seiten gleich laut, ziemlich egal.")

Mit dem anderen Ohr wurde die Taschenuhr auf 3 cm Entfernung gehört.

Bemerkung BEZOLDs p. 189. „Im Falle von CHRISTINNECK wurde nur mehr die Stimmgabel C per *Resonator* gehört; da die im Resonator entstehenden kräftigen stehenden Wellen auch auf dessen Wände und damit auf den Knochen übergehen können, so ist hier die Knochenleitung *nicht* ausgeschlossen, welche den Ton natürlich auch in das andere, noch hörfähige Ohr weiterleiten könnte. Von dem Ergebnis des aufserdem in diesem Falle verwendeten WEBERschen Versuches können wir um so mehr absehen, als er zu verschiedenen Zeiten bei den Kranken verschieden ausfiel."

Fall JACOBSON-LUCAE. Bericht der otiatrischen Universitätsklinik zu Berlin. 1881—1884. A. f. O. Bd. XXI, p. 304—308. 1884. 25. Nov.

Die Richtigkeit derartiger Ansichten darf man bezweifeln, wenn man in Erwägung zieht, dafs in anderen Fällen aufserordentlich peinlich

---

Eine 29jähr. Patientin, intelligent, welche die ganze Zeit hindurch bei Bewufstsein geblieben war, mit normalem rechten Ohr, hört 7 Tage vor ihrem Tode mit ihrem linken Ohr, welches seit Kindheit an Otorhoe gelitten hatte: Flüstersprache (3) am Ohr und zwar gleich gut bei geschlossenem wie geöffnetem äufseren Gehörgang; Stimmgabel c wird selbst bei sehr starkem Anschlag nicht percipiert; fis^4 wurde 8 Sek. kürzer gehört; c wurde per Knochenleitung vom Schädel sowohl, wie auch von der Stirn nach links verlegt (lateralisiert), wie man sich hiervon wiederholt überzeugen konnte.

Die Autopsie des Gehörorgans, von Prof. LUCAE ausgeführt, ergab folgendes: Der n. acusticus bis zum tractus foraminulentus und der n. facialis schienen vollkommen normal, nur leicht injiziert zu sein. Die Kanäle waren zerstört. Der Vorhof und die Schnecke waren mit Granulationen und foetiden käsigen Massen angefüllt. In dieser Masse wurden als einzige Überbleibsel der Schnecke nekrotische Stücke der lamina spiralis vorgefunden. Mikroskopisch konnte man vollständiges Fehlen der normalen Elemente feststellen. — An Stelle des ovalen Fensters befand sich eine Öffnuug, durch die man mit der Sonde direkt in die Paukenhöhle gelangte. Gehörknöchelchen und hintere Wand des äufseren Gehörgangs fehlen vollständig.

JACOBSON beobachtete demnach in diesem Fall eine scharfe Perception des Stimmgabeltones c durch Knochenleitung mit dem kranken linken Ohr. Es widerspricht also diese Thatsache der allgemein geltenden Ansicht über die differential-diagnostische Bedeutung der Knochenleitung, durch welche man den Zustand des Nervenendapparates zu bestimmen sucht. Dieser Fall zeigt auf evidente Weise, wie wenig man sich auf die Knochenleitung als auf ein diagnostisches Mittel für die Bestimmung der Stelle der Erkrankung im Ohr verlassen kann. Der Fall CHRISTINNECKs zeigt ganz dasselbe.

LUCAE sieht diesen Fall als ein neues Beweismittel für seine schon im Jahre 1870 dahin ausgesprochene Ansicht an, dafs die Erscheinungen der Knochenleitung keinen diagnostischen Wert hätten.

„Herr Prof. LUCAE hat sich seitdem in seinen klinischen Vorträgen dahin ausgesprochen, dafs man nun, wenn der Ton einer auf den Schädel aufgesetzten Stimmgabel auf dem kranken Ohre stärker gehört wird, als auf dem gesunden, hieraus nichts anderes mehr schliefsen könne, als dafs der Stamm des Hörnerven im wesentlichen gesund sei.“

Bemerkung BEZOLDs, p. 189. „Im Falle von JACOBSON wurde Flüstersprache bei geschlossenem und geöffnetem Ohre gleich gut resp. gleich schlecht, die Stimmgabel fis^4 vom kranken Ohre um 8″ zu kurz gehört. Wäre ebenso wie bei der Sprache auch hier gleichzeitig das kranke Ohr verschlossen worden, wovon nichts gemeldet ist, so wäre dieser Ton, wie oben erörtert, trotzdem gehört worden, da ausdrücklich erwähnt wird, dafs das andere Ohr normale Verhältnisse hat. Wie wenig die Angaben des Patienten über den Ausfall des WEBERschen Versuches bedeuten, wurde bereits ausgeführt.“

Fall JOS. GRUBERs. Ein Fall von Ausstofsung des die oberen zwei Windungen enthaltenden nekrotischen Schneckengehäuses mit Genesung des Kranken und nur teilweisem Verluste des Hörvermögens auf dem betreffenden Ohre. Monatsschrift für Ohrenheilkunde. 1885. Nr. 8, p. 225—229.

Ein 14jähr. Patient leidet seit 4 Jahren an eitrigem Ausflufs aus dem linken Ohr. Zuletzt sehr starke Ohrschmerzen mit linksseitiger Facialislähmung. Eustachi-

durchgeführte Gehörprüfungen*) von Kranken mit nekrotischer Schnecke zu einem negativen Resultat geführt haben, und dafs ferner Fälle von beiderseitiger**) Nekrose der Schnecke immer von vollständiger Taub-

---

sche Tube durchgängig. Mit dem rechten normalen Ohr hört Patient die Taschenuhr in einer Entfernung von 145 cm, mit dem linken nur dann, wenn man dieselbe fest auf den Warzenfortsatz drückt. Die Stimmgabel wird mit dem rechten, vom linken Warzenfortsatz und vom linken Jochbein aus mit dem linken Ohr wahrgenommen. Nach Entfernung von Polypen wurde ein Schneckensequester, welcher die beiden oberen Windungen enthielt, herausgespritzt. Bei einer späteren Untersuchung konnte man zu allgemeinem Staunen konstatieren, dafs das Gehör sich gebessert hatte. Jetzt hörte der Patient das Ticken der Taschenuhr mit dem linken Ohr, wenn man dieselbe an das Jochbein anlegte und leicht nach dem Warzenfortsatze hin neigte. Vom linken tub. front. wurde die Stimmgabel mit dem rechten, von dem linken Jochbein und dem Warzenfortsatze aus mit dem linken Ohr gehört. Den Ton der Stimmgabel a^2 hörte Patient in der Nähe des kranken Ohres bei mäfsigem Anschlag, ohne die Höhe des Tones bestimmen zu können u. s. w.

Bemerkung BEZOLDs (1886. p. 190).

„Was endlich den von GRUBER beobachteten Fall betrifft, so ist zunächst von dem Hören der Uhr beim Anlegen am Jochbein und Warzenfortsatze der kranken Seite abzusehen, weil bei jugendlicher Knochenleitung das andere in diesem Falle normal hörende Ohr nicht ausgeschlossen ist; ebensowenig bedeutet die Perception der Stimmgabel, welche auf den das kranke Ohr verstopfenden Finger aufgesetzt wurde, denn diese neuerdings von GRUBER empfohlene Untersuchungsmethode ist eine Zuleitung auf dem Luft- plus dem osteotympanalen Wege, schliefst also ebensowenig das andere Ohr aus. Das positive Ergebnis der Prüfung mit leiser Sprache ist deshalb unverwertbar, weil der Kontrollversuch mit gleichzeitigem Verschlufs des kranken Ohres fehlt. Am auffälligsten kann noch das Hören der kleinen a^3 Stimmgabel per Luft erscheinen, indes habe ich mit spezieller Rücksicht auf den GRUBERschen Fall an dem einen meiner Patienten (Tab. 44), der nach dem ganzen übrigen Untersuchungsergebnis auf seinem schneckenlosen Ohre absolut taub ist, den Versuch mit derselben kleinen im Handverkauf vorkommenden Musikerstimmgabel in der gleichen Weise wiederholt und ebenfalls ein positives Resultat erhalten, obgleich in diesem Falle auf der anderen Seite nicht einmal ganz normales Hörvermögen bestand, während er von den *tieferen* Stimmgabeln, der Flüstersprache und dem Geräusch des HEDINGERschen Hörmessers beim Anlegen auf dem schneckenlosen Ohre keine Spur hörte. In meinem ersten Falle (Tab. 42) wurde sogar einen Monat vor der Exfoliation die Stimmgabel a' vom kranken Ohre per Luft angeblich percipiert, obgleich für Flüstersprache damals bereits absolute Taubheit bestand."

*) 5 Fälle BEZOLDs, p. 161—162. Fall A. HARTMANNs. Ein Fall von Nekrose der Schnecke. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XVII, p. 109—112. 1887. Februar.

**) J. GRUBER. Allgemeine Wiener medizinische Zeitung. Bd. IX. Nr. 41, 43, 45. 1864.

SCHWARTZE, Zweite Serie von 50 Fällen chirurgischer Eröffnung des Warzenfortsatzes. Arch. f. Ohrenh. Bd. XVII, p. 114. 1881. 25. Febr.

KAUFMANN. Über partielles Hörvermögen nach Labyrinthnekrose. Prager med. Wochenschrift. Nr. 49. 1885.

WAGENHÄUSER. Bericht über die Universitätspoliklinik für Ohrenkranke zu Tübingen vom 1. April 1884 bis 1. April 1888. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. 27. p. 167. 29. Novbr. 1888.

heit begleitet waren. Aufserdem ist man auf Grund von Fällen von Nekrose der Bogengänge*) mit Erhaltung der Schnecke zum Schlufs berechtigt, dafs die letztere die wichtigste Rolle beim Hören spielt.

Der Grund nun für die widersprechenden Beobachtungsresultate von Gehörprüfungen, welche an Kranken mit einseitig nekrotischer Schnecke angestellt worden waren, mag einerseits in der Unzulänglichkeit unserer Methoden der Gehörprüfung und anderseits in den unzuverlässigen Aussagen der Kranken selbst liegen.

Da wir die Methoden der Gehörprüfung erwähnt haben, so wollen wir an dieser Stelle einige Punkte derselben besprechen, welche für uns von ganz besonderem Interesse sein dürften.

Die Hauptquelle für fehlerhafte Resultate bei der Gehörprüfung ist die Schwierigkeit oder vielmehr die Unmöglichkeit, das andere Ohr, welches nicht geprüft wird, vollkommen auszuschalten. So fest wir auch mit dem Finger den Gehörgang zudrücken, niemals werden wir ihn zu einem wirklich hermetischen Verschlufs bringen. Noch unsicherer ist das Resultat, wenn wir das Zuhalten des Gehörgangs dem Patienten überlassen. Übrigens erzeugt ein zu starker Druck auf den Gehörgang ein unangenehmes Gefühl, welches auf das Ergebnis der Untersuchung nicht ohne Einflufs ist.

Um bei der Gehörprüfung möglichst sichere Resultate zu erzielen, ist die von DENNERT-LUCAE (1876)[144]) angegebene Methode anzuwenden.

---

*) J. GRUBER. Über Caries des Schläfenbeins. Wien. Med. Halle. 1863.

Beschreibung eines Falles, in welchem bei partieller Zerstörung der Bogengänge durch Caries das Gehör erhalten blieb.

GUYE. 46. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wiesbaden 1873. 20. Sept. Arch. f. Ohr. Bd. VIII, p. 225.

Demonstration eines grofsen Sequesters, welcher von einem 5jährigen Kinde stammte. Derselbe bestand aus den halbzirkelförmigen Kanälen und dem hinteren Teile des Vorhofs. Das Gehör war am kranken Ohr zum Teil erhalten. Die Taschenuhr wird in einer Entfernung von 2—4 Zoll gehört. Später demonstrierte GUYE das Kind noch häufig in ärztlichen Versammlungen. Dasselbe hörte noch im Jahre 1875 die Taschenuhr in einer Entfernung von 4—20 cm. Congrès international des sciences médicales, Bruxelles. 1875. 25. Sept.; Arch. f. Ohr. Bd. X, p. 302.

Dieser Fall ist insofern nicht beweisend, als die Prüfung des Gehörs nur mit der Taschenuhr vorgenommen wurde, welche oft fehlerhafte Resultate gibt; die Prüfung mit der Sprache war unterlassen worden. Auch wird nichts davon gesagt, ob das gesunde Ohr bei der Untersuchung ausgeschaltet wurde oder nicht.

[144]) HERM. DENNERT. Zur Gehörprüfung auf Grund einer Beobachtung von Nekrose der Schnecke. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. X. p. 231—235. 1876. d. 4. Febr.

JAMES PATTERSON CASSELS (1873. Ref. Arch. f. O. Bd. IX, p. 238. 1875) hat zuerst einen Fall von einseitiger Schneckennekrose mit Erhaltung des Gehörs für die Sprache und die Töne auf eine Entfernung von 16 Fufs beschrieben. SCHWARTZE bezweifelte zunächst die Richtigkeit dieser Beobachtung. DENNERT vermutete, dafs in seinem Falle die Fehlerquelle bei der Untersuchung im gesunden Ohre zu suchen sei. Um das gesunde Ohr ganz ausschliefsen zu können, schlugen DENNERT und

Aufser der *quantitativen* Gehörprüfung, d. h. derjenigen auf Worte, ist auch noch die *qualitative* (Oscar Wolf), d. h. die Prüfung des Gehörs auf einzelne Buchstaben vorzunehmen. Nach Bezold wäre die sicherste Methode bei der Prüfung einseitiger Taubheit die Untersuchung der aëro-tympanalen Schallleitung mit so schwachen Stimmgabeln, dafs ihre Töne vom anderen, gesunden Ohre nicht wahrgenommen werden können. Hierzu eignen sich am besten die Stimmgabeln Contra-A, A, a, e^1 und a^1, welche nach Bezolds Ansicht frei von Obertönen sind. Alle Stimmgabeln mit höherer Stimmung als a^2 eignen sich schon nicht mehr zur Prüfung einseitiger Taubheit. —

Die von Knapp (1875) angegebene Methode möge hier Erwähnung finden, da sie berücksichtigt zu werden verdient. Sie beruht auf der

---

Lucae folgendes praktische Verfahren vor: Nachdem das gesunde Ohr fest verstopft worden ist, wird die Entfernung, auf welche der Kranke noch die Flüstersprache mit dem kranken Ohre hört, bestimmt. Danach wird das untersuchte kranke Ohr abwechselnd geschlossen und geöffnet. Wird nun hierbei keine Veränderung in der Gehörwahrnehmung festgestellt, so ist dies ein Zeichen dafür, dafs das gesunde Ohr hört. Ist dies aber nicht der Fall, so kann man mit Sicherheit annehmen, dafs der Patient mit dem kranken Ohre hört. Auf diese Weise konnte Dennert eine vollständige Taubheit des kranken Ohres an seinem 7jährigen Patienten konstatieren.

Burckhardt-Merian. Résultats comparés des différentes méthodes d'exploration de la fonction auditive. 3-me congrès international d'otologie de Bâle du 1 au. 4 Sept. 1884. p. 191—211.

Siehe auch Schwabach u. Magnus. Über Hörprüfung und einheitliche Bezeichnung der Hörfähigkeit. Arch. f. O. Bd. 31, p. 81—117. 1891. 5. März.

Gustav Brunner. Zur diagnostischen Verwertung des Verhältnisses zwischen Luft- und Knochenleitung, sowie der quantitativ veränderten Perception der hohen gegenüber den tiefen Tönen. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XIII, p. 263—283. 1884. d. 14. August.

August Lucae. Über Ausstofsung der nekrotischen Schnecke mit Bemerkungen über den relativen Wert der üblichen Methoden der Hörprüfung. Arch. f. Ohr. Bd. X. p. 236—239. 1876. d. 4. Febr.

„Es ist somit dringend notwendig, dafs — wollen wir uns nicht den gröbsten Täuschungen hingeben — fortan in jedem Falle von einseitiger bedeutender Funktionsstörung das zu untersuchende Ohr während der Prüfung des Sprachverständnisses abwechselnd geschlossen und geöffnet wird." — „Endlich ist der vorliegende Fall wichtig zur Beurteilung des diagnostischen Wertes der sogenannten Kopfknochenleitung, indem er lehrt, dafs bei einseitiger Nekrose der Schnecke die auf *beliebige* Punkte des Schädels aufgesetzten Stimmgabeln durchaus nicht konstant *nur* auf dem gesunden Ohre percipiert werden." Cf. Lucae. „Die Schallleitung durch die Kopfknochen". Würzburg 1870.

Lucae. Virchows Archiv. Bd. **XXIX**, p. 68. 1864.

„Ich füge hinzu, dafs ich schon im Jahre 1864 auf die „bekannte, *bisher jedoch wenig berücksichtigte* Erscheinung" aufmerksam machte, dafs man bei fest zugestopften normalen Ohren mäfsig laut gesprochene Worte noch auf eine ziemlich grofse Entfernung deutlich versteht, ohne den Mund des Sprechenden zu beobachten."

Beobachtung, dafs, wenn eine angeschlagene Stimmgabel an einem normalen Ohr vorbeigeführt wird, der Untersuchte, je nachdem dieselbe in der Axe des Gehörgangs gehalten wird oder nicht, eine Verstärkung oder eine Abschwächung des Tones wahrzunehmen pflegt, während bei derselben Manipulation vor einem fest verschlossenen oder tauben Ohr der Ton von dem Untersuchten stets in gleicher Stärke wahrgenommen wird, weil hier nur das offene oder gesunde Ohr hört und zu diesem der Ton nicht in gerader Richtung, sondern auf Umwegen gelangt.

Von der Weberschen Untersuchungsmethode wissen wir, dafs sie unzuverlässig ist. *)

Eine Gehörprüfung und eine exakte Untersuchung einseitiger Taubheit ist, wie wir sehen, eine schwierige Aufgabe. Wenn man, wie Bezold (1886) dies gethan, die erwähnten Fälle genau durchmustert, so gewinnt man die Überzeugung, dafs bei der Gehörprüfung in manchen von ihnen fehlerhafte Resultate vorliegen.

Wenden wir uns nun zu den an der Schnecke von Tieren angestellten Experimenten und sehen wir, ob sie die Frage, welche die Überschrift dieses Kapitels bildet, zu beantworten vermögen.

Versuche mit vollständiger Zerstörung der Schnecke.

Versuche **Flourens** (1824, 1842). [62])

Die Zerstörung des Trommelfells und die Entfernung von Hammer und Amboſs (bei Kaninchen) setzt das Gehör bedeutend herab. Mit der Extraktion des Steigbügels wird das Gehör noch weiter abgeschwächt. Nach Zerstörung der Membran der fenestra ovalis und der fenestra rotunda beobachtet man eine weitere stärkere Abnahme des Gehörs. Nach Wiedereinführung des Steigbügels in das ovale Fenster scheint es, als ob das Gehör um ein Geringes gebessert würde. Infolge der Zerstörung der Bogengänge wird der n. acusticus bis zur Schmerzhaftigkeit empfindlich (rend l'audition douloureuse), welcher Zustand starke Kopfbewegungen hervorruft. Nach Zerstörung der Nervenenden, welche den Vorhof oder die Bogengänge versorgen, wird das Gehör nur zum Teil aufgehoben. Die Zerstörung des *Schnecken*nerven aber bedingt voll-

*) H. Knapp. Zur Diagnose der einseitigen Taubheit. Archiv f. Augen- u. Ohrenheilk. Bd. IV, 2. Abth. p. 317—321. 1875.

Stanisl. von Stein. Ein Beitrag zur Koptknochenleitung. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. XXVIII, p. 201—210. 1889. Vortrag, gehalten in der Allg. Russ. Ärzteversammlung zu Moskau 1885 u. 1886.

Lucae. Die Schallleitung durch die Kopfknochen und ihre Bedeutung für die Diagnostik der Ohrenkrankheiten. Würzburg. 1870.

v. Krzywicki. Ein Beitrag zur Frage der differentialdiagnostischen Bedeutung der Prüfung der Gehörfunktion mit der Stimmgabel. Berl. klin. Wochenschrift. 1891. Nr. 12.

ständige Taubheit. Demnach: „l'expansion nerveuse du limaçon est donc le véritable nerf de l'ouïe". *)

Flourens macht keine Angabe über die diagnostischen Merkmale, nach welchen er den Grad der Gehörschärfe an den operierten Tieren bestimmte.

Versuche **Gellés** (1881). [145])

Niemals (unrichtig!) noch hat man versucht, sich auf dem Wege des Experiments Klarheit über die physiologische Bedeutung der Schnecke zu verschaffen. Wird ihre Zerstörung eine Störung des Gleichgewichts oder eine vollständige Taubheit zur Folge haben? Diese Frage können wir nur durch das Experiment zu lösen suchen.

1. Versuch. Nach Zerstörung einer Schnecke (über die Operationsmethode siehe im Abschnitt über die Methoden) wird das operierte Meerschweinchen in Freiheit gesetzt; dasselbe läuft, geht, spielt mit den anderen Meerschweinchen, es ifst und kaut. Man kann nicht die kleinsten Gleichgewichtsstörungen an ihm bemerken. Nach einer Zeit spitzt es die Ohren und sitzt eine Zeitlang wie erstaunt. Die Ohrmuschel der operierten Seite ist nach einiger Zeit gerötet und injiziert.

2. Versuch. Doppelseitige Zerstörung der Schnecken. Keine Krämpfe. Fünf Tage nach der Operation hörte das Tier gut (entendait encore très-nettement).

Bei Geräuschen führte es vollständig dieselben Bewegungen aus, wie seine Nachbarn. Es war demnach nicht taub. Dafs das Gehör erhalten blieb, läfst sich vielleicht dadurch erklären, dafs der utriculus und sacculus unverletzt waren, vielleicht auch weil, wie die Sektion ergeben hatte, ein Rest der ersten Schneckenmündung übrig geblieben war.

3. Versuch. Zerstörung beider Schnecken. Keine Krämpfe. Im Laufe von 10—12 Tagen hörte das Tier noch gut, wurde aber später vollständig taub. Das Meerschweinchen läfst sich durch kein Geräusch aufscheuchen. Jedenfalls hat sich hier die konsekutive Entzündung auch auf den Vorhof ausgedehnt und wurde hierdurch ein vollständiger Verlust des Gehörs bedingt.

Aus diesen drei Versuchen wäre ersichtlich, dafs die Zerstörung der Schnecke weder *Motilitätsstörungen* noch *Taubheit* nach sich ziehe; aufserdem ist die Schnecke nicht das einzige spezifische Organ für das Gehör, da bei Intaktheit des Vorhofs das Tier ja noch hört. Inwieweit hierbei der utriculus und inwieweit der sacculus beteiligt wären, würden erst die mikroskopischen Untersuchungen zeigen.

*) p. 450. „La partie la plus essentielle à cette fonction (audition) est évidemment l'expansion nerveuse du limaçon. C'est même à la rigueur la seule partie indispensable; car toutes les autres peuvent être ôtées; pourvu que celle-là subsiste, l'audition subsiste.

„Toutes les autres parties ne concourent donc qu'à l'étendue, à l'énergie, aux modifications accessoires de la fonction, ou à la conservation de l'organe."

[145]) Gellé. Suite d'études d'otologie. Paris. 1881. p. 323—328. De la fonction du limaçon dans l'audition. — Société de Biologie 1876. Die Bogengänge nehmen keinen Anteil am Hören.

Da Gellé keine mikroskopischen Untersuchungen angestellt hat, ist es unbekannt geblieben, inwieweit die Zerstörung lokalisiert geblieben ist und ob alle Elemente der Schnecke auch wirklich vernichtet waren. Die objektiven Merkmale, nach welchen Gellé über die Gehörwahrnehmungen der Meerschweinchen urteilte, werden nicht angegeben.

Versuche **Pollaks** (1886).

Als Mafsstab für die Gehörwahrnehmungen der Hunde dienten die reflektorischen Kontraktionen des m. tensor tympani, auf welche zu allererst Hensen (1878) die Aufmerksamkeit gelenkt hatte, und welche sein Schüler Boekendahl (1880) einer genauen Prüfung unterwarf. Die Kontraktionen des m. tens. tymp. konnte Pollak mittels einer 10 Centimeter langen Nadel feststellen, welche er in die Sehne des genannten Muskels einstach. Die Bewegungen des Tensors erwiesen sich als ein sehr empfindliches und konstantes Zeichen für die Klangwahrnehmungen des Tieres. (Auch Verfasser war oft in der Lage, sich bei seinen Experimenten an Hunden von der Zuverlässigkeit dieser Methode überzeugen zu können.) Die Nadel bewegte sich nicht nur auf Instrumentaltöne, sondern auch auf die Vokale a, e, i, o und auf Worte, welche aus diesen Vokalen zusammengesetzt waren. Auf den Vokal „u" reagierte sie nicht. (Hinsichtlich der Operationsmethode und des Versuchsplans siehe im Abschnitt über die Methoden.)

1. Versuch. Eröffnung der Bulla. Die Nadel wird in den m. tensor tympani eingestochen. Reaktion auf Töne. Zerstörung der Schnecke mittels Trepans. Das gesunde Ohr wird mit Watte zugestopft. Vollständige Reaktionslosigkeit der Nadel auf Schall. Daraufhin wird die Watte aus dem gesunden Ohre entfernt. Nunmehr tritt auf jeden Ton, Pfiff u. s. w. eine schwingende Bewegung der Nadel auf. Die Reaktion trifft um so präziser und sichtbarer ein, je höher und stärker der Ton ist.

2. Versuch. Eröffnung der Bulla und Einführung der Nadel wie im ersten Versuch. Zerstörung der Schnecke der operierten Seite. Die Reaktion des Tensors ist erhalten. Nunmehr Zerstörung der Schnecke der anderen Seite. Die stärksten Töne rufen keine Kontraktion des Muskels hervor.

Die Versuche könnten einen schwerwiegenden Beweis zu Gunsten der Ansicht derjenigen Autoren, welche behaupten, dafs nach Zerstörung der Schnecke vollständige Taubheit auftritt, abgeben. In Anbetracht aber der groben Art der Zerstörung, wie sie hier angewendet worden ist, ferner auch des Mangels an einer mikroskopischen Feststellung der Lokalisation der Zerstörung, verlieren die Versuche einen grofsen Teil ihres Wertes für die Erforschung der Hörfunktionen der Schnecke.

Der Trepan konnte ja mit Leichtigkeit nicht nur die Elemente der Schnecke, sondern auch diejenigen des Vorhofes zerstören.

Anderseits würde dagegen vielleicht das Fehlen von Reitbahnbewegungen, wie sie nach Verletzungen der Bogengänge auftreten, sprechen.

Versuche **Fanos** und **Masinis** (1891).[146])

Die Versuche wurden an Tauben angestellt. Die wichtigsten Schlüsse, zu denen Fano und Masini gelangten, sind folgende:

1. Die Entfernung der Schnecke bei Tauben war von kurzen Bewegungsstörungen begleitet. Es wäre daher klar (warum?), dafs die Bogengänge zum Hören genügten. Aufserdem dürfte es einleuchtend sein, dafs man einen funktionellen Unterschied zwischen ramus cochlearis und ramus vestibularis nicht aufstellen könne.

2. Die Bewegungsstörungen, welche durch eine Verletzung der Bogengänge bedingt sind, vergehen beinahe sogleich und vollständig nach Entfernung des membranösen Teils der Schnecke. Danach kann das Tier frei umhergehen und stützt sich nicht mehr mit dem Kopfe auf den Boden.

3. Die Entfernung der Schnecke schwächt die Bewegungsstörungen nach Entfernung eines Teils des Kleinhirns nicht ab.

Da Fano und Masini die Art und Weise, wie sie die Schnecke zerstörten, nicht angegeben haben, so ist man wohl berechtigt, ihre Beobachtungen hinsichtlich der durch die Vernichtung der Schnecke hervorgerufenen Störungen in der Koordination der Bewegungen mit Vorsicht aufzunehmen. Andere Forscher haben niemals etwas Ähnliches beobachten können. Verfasser hat nach der weiter unten angegebenen intrakapsulären Methode auf vorsichtige Weise die Schnecke bei Meerschweinchen zu zerstören oft Gelegenheit gehabt, ohne jemals Bewegungsstörungen erzielen zu können. Es ist nicht ausgeschlossen, dafs Masini und Fano allzu ausgedehnte Verletzungen ausgeführt und hierbei einen Teil des Vorhofs berührt haben.

Versuche **Corradis** (1891).[132])

Die Vernichtung*) der ganzen Schnecke bei Meerschweinchen führte zu vollständiger Taubheit, ohne Störung in der Koordination der Bewegungen. Die Taubheit wurde infolge Ausfalls der charakteristischen Preyerschen Zuckungen der Ohrmuscheln festgestellt. Eine partielle Zerstörung ist nicht immer von vollständiger Taubheit begleitet.

Corradi gelangt auf Grund seiner Versuche zum Schlufs, dafs man

---

[146]) Giulio Fano und Giulio Masini. Beitrag zur Physiologie des inneren Ohres. 22. Febr. 1891. Zentralblatt für Physiologie, p. 787. 14. März 1891. Vorgetragen vor der Akademie der Medizin zu Genua am 16. Februar 1891.

*) Der Grad der Zerstörung wurde mikroskopisch nachgeprüft. Nachdem die frische Schnecke in Pritchardscher Flüssigkeit 24 Stunden fixiert worden war, wurde sie mit Pikro-Ameisensäure decalciniert. Collodiumeinbettung. Färbung mit Alaun-Carmin.

bis jetzt nur die Schnecke als das akustische Eindrücke percipierende Organ ansehen kann. Die *partielle* Zerstörung der Schnecke führt zu keiner *absoluten* Taubheit.

Auf Grund der oben geschilderten Experimente können wir zu keinem allgemeingültigen Resultat hinsichtlich der Funktion der Schnecke gelangen, da sowohl die den Tieren zugefügten Läsionen verschieden, als auch die Versuchstiere ungleich waren.

Das meiste Vertrauen verdienen diejenigen Beobachtungen, bei denen man die Gehörwahrnehmungen der Tiere nicht subjektiv nach deren allgemeinem Verhalten, sondern nach objektiven Erkennungsmitteln von reflektorischem Charakter, nach der Kontraktion des m. tensor tympani und nach Zuckungen der Ohrmuscheln beurteilte. Die Untersuchungen dieser Art gestatten die Schlufsfolgerung, dafs eine vollständige Vernichtung der Schnecke vollkommene Taubheit nach sich zieht, während ihre nur partielle Zerstörung eine mehr oder weniger bedeutende Herabsetzung des Gehörs (in manchen Fällen auch Taubheit) bedingt. Ferner hat die Mehrzahl der Autoren nach vorsichtiger Zerstörung der Schnecke *keine* Bewegungsstörungen bemerken können.

Der Wert aller experimentellen Arbeiten über die Schnecke würde illusorisch, sobald die Beobachtungen R. Ewalds,[147]) welche dahin gehen, den Nervenendapparat als für das Gehör überflüssig darzustellen, sich bestätigen sollten. Ewald will nämlich beobachtet haben, dafs Tauben, denen er nach seiner Methode (s. Abschnitt über die Experimentalmethoden) das ganze häutige Labyrinth entfernt hatte, auf alle Töne eines Pianinos und auch auf Töne anderer Schallquellen reagierten; hieraus schlofs er, „dafs die Tauben (Vögel) *ohne Ohr hören können*". Um noch sicherer vorzugehen, zerstörte Ewald überdies die Columella und das Trommelfell und schnitt die sämtlichen Federn des Tieres kurz ab. Selbst hiernach reagierte es gleich stark auf alle Schalleinwirkungen. Nun blieb nichts anderes anzunehmen übrig, als dafs der Schall mit dem Nervenstamm gehört würde, welcher bei Tauben selbst nach vollständiger Entfernung des Labyrinths (nach Ewalds Ansicht)

[147]) RICHARD EWALD (Strafsburg). Der Acusticusstamm ist durch Schall erregbar. Berliner klinische Wochenschrift, p. 731—732. Nr. 32. D. 11. Aug. 1890.

R. EWALD. Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des N. octavus. Wiesbaden 1892. Erst nach dem russischen Original vorliegenden Buches erschienen.

Das Labyrinth besteht nach EWALD aus zwei funktionell verschiedenen Apparaten: 1. einem *Hörlabyrinth*, 2. einem *Tonuslabyrinth*. Das *Hörlabyrinth* habe die Aufgabe, den Schall je nach seiner Qualität auf verschiedene Fasern des Octavus — nicht notwendigerweise auf einzelne zu verteilen. Dasselbe ist bei höheren Wirbeltieren in der Schnecke lokalisiert. Das *Tonuslabyrinth* unterhält den von EWALD so genannten eigentümlichen Ohrtonus der Muskulatur. Indem es als Sinnesorgan funktioniert, zerfällt es in a) das GOLTZsche Sinnesorgan (Bogengangsapparat) und b) die maculae acusticae (Otolithenapparat).

nicht atrophiert. Nach Auftragen von kleinen Mengen Krotonöl oder Arsenikpaste auf den Nervenstumpf hat Ewald in manchen Fällen nachträgliche Taubheit konstatieren können.

Die Annahme Hallers (1763)[51]) und Johannes Müllers, dafs zur Wahrnehmung von Schalleindrücken der Stamm (1840)[86])*) des n. acusticus ausreiche, wäre demnach von Ewald experimentell bestätigt!?

Wenn wir einen solchen Weg weiter verfolgen, so gelangen wir noch eines Tages zum Schlufs, dafs zur Wahrnehmung von Lichteindrücken der Augapfel mit allen seinen Bestandteilen überflüssig sei.

Es liegt auf der Hand, dafs derartigen Schlufsfolgerungen zum mindesten mit der allergröfsten Vorsicht begegnet werden mufs.

Vielleicht sprechen folgende Umstände gegen die Schlufsfolgerung Ewalds:

1. Nicht undenkbar ist es, dafs nach Entfernung des häutigen Labyrinths ein Zustand allgemeiner Hyperästhesie nebst schmerzhaft erhöhter Empfindlichkeit für noch so geringe Luftschwingungen im zurückgebliebenen Nervenstumpf sich einstellt. Ähnliches beobachtet man z. B. bei Amputierten, bei denen selbst lange Zeit nach vollständiger Heilung der Wunde bei Lufterschütterungen, wie sie z. B. durch Kanonendonner u. dgl. hervorgerufen werden, sich eine schmerzhafte Empfindung im Amputationsstumpf kundgibt.

2. Die Verteilung der einzelnen Nervenzweige des acusticus im Ohr der Vögel ist nach Hasse**) derart beschaffen, dafs nach Entfernung des einen Zweigs andere trotzdem ungestört weiter funktionieren können.

*) Haller[51]): „Folglich könnte das Gehör stattfinden, wenn ein Nerv in der Gehörmaschine da ist, welcher von einem mitbebenden Knochen berührt wird."

Joh. Müller[86]) p. 417. „Zum Hören an und für sich sind also weder Trommelfell noch Gehörknöchelchen, noch Schnecke, noch halbzirkelförmige Kanäle, noch selbst Vestibulum und Labyrinthwasser nötig. Daher alle diese Teile auch fehlen können."

**) Hasse[118]) p. 45. „Bei den Vögeln ist keine strenge Scheidung in einen vorderen und hinteren ramus mehr vorhanden (wie bei Fischen, Reptilien), sondern wir finden den Gehörnerven aus einer Menge dünnerer und dickerer Äste für die *einzelnen, Nerven tragenden Teile* zusammengesetzt, von denen sich ein *unterer dickerer als nervus cochlearis abtrennen läfst*, der dann vorzugsweise die pars basilaris und mit einem in geringem Mafse *selbständigen* Ast die Lagena versorgt, während die übrigen gesondert zu den vorderen Ampullen, der hinteren, dem recessus utriculi und dem sacculus ziehen. Alle diese Zweige des acusticus werden nun, wie die beiden Schneckenäste bei den Säugern und dem Menschen, zu *zwei grofsen Zweigen*, dem ramus cochlearis und vestibularis zusammengefafst, von denen jener die Gesamtschnecke mit Ausnahme des Kuppelblindsacks versorgt, während dieser sich an allen übrigen Teilen verbreitet, mit einem Zweige an die hintere Ampulle, mit einem an den sacculus und mit einem mehr zusammenhängenden und erst später sich teilenden an den recessus utriculi und an die zusammenliegenden Ampullen geht."

Von mikroskopischen Beweisen für eine vollständige Entfernung des *ganzen* membranösen Labyrinths wird von EWALD nichts erwähnt.

3. Das Auftreten vollständiger Taubheit nach der Ätzung der Operationsstelle ist auffallend; dürfte dies nicht darauf hinweisen, dafs Überreste des Labyrinths bis zur Ätzung doch noch vorhanden gewesen sind? *)

---

*) Folgende Arbeiten sind im Original nicht zugänglich gewesen:

R. J. GRAVES. On the use of the cochlea in the organ of hearing. Graves stud., p. 301. 1863.

MOON. Über die Funktionen des membranösen Labyrinths und der Canales semiculares. Philosoph. magazine. 1870. April. Ref. Archiv f. Ohrenh. Bd. VI, p. 134.

Zu spät erschienen, um referiert werden zu können:

WUNDT. Ist der Hörnerv direkt durch Tonschwingungen erregbar? Philosoph. Stud. 1893. Bd. VIII, p. 641—652; Ref. Zeitschr. für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VI H. 2. 3, p. 248.

III.

Über die Funktionen der Maculae des Vorhofs und der Cristae der halbkreisförmigen Kanäle.*)

Die im Laufe der Jahrhunderte geäufserten Vermutungen über die Funktion der halbkreisförmigen Kanäle liefen darauf hinaus, dafs man diesen Organen die Fähigkeit zuschrieb, die Schwingungen der Luft aufzunehmen, aber „cur vero quinque potius ostia tribus canalibus Natura fecerit, cur numerum ad tres reduxerit, nemo dixerit mortalium“ (Boerhaave 1739).[44]) Lange danach (1802) gelang es Venturi[64]) zu zeigen, dafs das Ohr aufser der Fähigkeit. Gehörempfindungen zu vernehmen, noch die Eigenschaft besitzt, *die Schallrichtung, zu bestimmen.* Zu demselben Schlufs kam zur gleichen Zeit auch Autenrieth (1802 s. p. 56[65]), der sich nicht auf physiologische Experimente, sondern auf die anatomische Lage der halbkreisförmigen Kanäle stützte. Er fand, dafs diese Kanäle *den drei Dimensionen des Raumes entsprechen*, und kam so zu der Folgerung, dafs durch diese Gebilde die *Richtung* bestimmt wird, aus welcher der Schall sich im Raume fortpflanzt. Dafs wir die Richtung in allen Lagen gleich gut erkennen, erklärt sich aus der ungleichen Gröfse und auch aus dem unvollständigen Parallelismus dieser Kanäle, infolge welchen Umstandes einer von ihnen durch den Schall immer stärker getroffen wird als der andere. Dank dem Nichtvorhandensein des

*) Dieser Abschnitt ist vom Verfasser etwas anders überschrieben, als man gewohnt ist. Gewöhnlich spricht man physiologisch kurzweg von den Bogengängen im allgemeinen. Doch dürfte dies nicht ganz richtig sein. Die charakteristischen Störungen, welche der Läsion der Bogengänge folgen, werden nicht durch die Bogengänge selbst, in denen bis jetzt keine Nerven vorgefunden worden sind, sondern jedenfalls durch die *Cristae acusticae* der Ampullen hervorgerufen. Wir dürfen hierbei nicht vergessen, dafs an diesen Erscheinungen vielleicht auch die Macula acustica des Utriculus und möglicherweise auch die des Sacculus teilnehmen können. Diese kurze Bemerkung möge zur Erklärung der Überschrift genügen.

Parallelismus empfangen wir den Schall aus den verschiedensten Richtungen: die Schallwellen werden immer nur einen der Kanäle perpendikulär zu seiner Längsaxe durchschneiden. Da der Mensch selten in die Lage käme, Schallvorgänge, welche sich von unten nach oben fortpflanzen, wahrzunehmen, so wären auch die Horizontalkanäle bei ihm weniger entwickelt.

P. Flourens (1824, 1828. 1842)[148] wies auf das Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem durchschnittenen Kanal und den darauf folgenden Bewegungen des Kopfes und Rumpfes hin. Es zeigte sich, dafs die *Durchschneidung des Kanals Bewegungen in der Ebene des verletzten Kanals hervorruft.* Somit hätten wir in den halbkreisförmigen Kanälen einen Apparat, welcher in Gemeinschaft mit dem Kleinhirn *unsere Bewegungen in den drei Dimensionen des Raumes reguliert:* frontal, sagittal und horizontal. Diese Beobachtungen sind das Resultat einer ganzen Reihe klassischer Experimente, welche in der experimentellen physiologischen Akustik Epoche gemacht und neue Grundlagen für unsere Anschauungen über die Funktionen des inneren Ohres geschaffen haben. Aber zu jener Zeit wurde die Arbeit Flourens' unterschätzt und lenkte nicht die genügende Aufmerksamkeit auf sich, ungeachtet der lobenden Äufserung, die Cuvier über sie that.[149] Auch diesem Forscher gaben, wie hundert

---

[148]) P. Flourens. Mémoire présenté à l'Académie royale des sciences; dans la séance du 27 decembre 1824. — Expériences sur les canaux semicirculaires de l'oreille chez les oiseaux. Lu à l'Academie royale des sciences; séance du lundi 11 août 1828. Annales des sciences naturelles. T. XV. p. 118. — Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du systéme nerveux dans les animaux vertébrés. 2 édition, corrigée, augmentée et entièrement refondue. Paris. 1842.

Chapitre XXVII. 438—454. Recherches sur les conditions fondamentales de l'audition.

Chap. XXVIII. p. 454—468. Expériences sur les canaux semi-circulaires des oiseaux. Mémoire lu à l'Acad. roy. des sciences. le 11 août 1828.

Chap. XXIX. p. 469—482. Expériences sur les canaux semi-circulaires des mammifères. Mémoire lu à l'Acad. roy. des sc. le 13 octobre 1828.

Chap. XXX. p. 483—495. Direction des mouvements de l'animal régie par la direction des fibres de l'encéphale. Eine Reihe von, mit der Verletzung des Kleinhirns und seiner Teile verbundenen Experimenten, die auf eine verschiedene Bewegung hinweisen.

Chap. XXXI. p. 496—501. Forces modératrices des mouvements.

Chap. XXXII. p. 502—511. Méthode expérimentale employée dans mes recherches sur l'encéphale.

Flourens. Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales. Comptes Rendus de séances de l'Académie des sciences. Séance du lundi 8 avril. T. LII. p. 673—675. 1861.

[149]) G. Cuvier. Rapport de G. Cuvier sur un mémoire de M. Flourens, intitulé: Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille, lu à l'Académie des Sciences, séance du lundi 15 septembre 1838. — Annales des sciences naturelles. Seconde série. T. XIII. p. 305—309. 1838.

Jahre früher BOERHAAVE, die kreisförmigen Kanäle zum Nachdenken Veranlassung:

„A quoi servent ces trois canaux membraneux si constans dans tous les vertébrés, ces ampoules qui les terminent, ces cavités qui les précèdent ou qui les entourent, ces osselets même dont le nombre ne semble contribuer en rien à la perfection du sens, puisque les oiseaux qui saisissent et qui reproduisent jusques aux moindres variations des sons, dont on doit croire par conséquent que l'ouïe est plus parfaite que celle d'aucun autre animal, ont précisément ces osselets beaucoup moins développés que les quadrupèdes? On a renouvelé, il y a quelque temps, la supposition que les fibres de la rampe du limaçon représentent les cordes d'un clavier; mais cette supposition ne peut s'appliquer au limaçon des oiseaux, dont la rampe est le plus souvent cartilagineuse, et d'ailleurs, comment des cordes éprouveraient-elles des vibrations sonores dans une cavité remplie d'un fluide visqueux? Ces questions, et une infinité d'autres resteront-elles toujours insolubles?"

„C'est une énigme, de plus à toutes celles que nous propose la science de la vie, et il n'est que trop vrai que, chaque fois que l'on cherche à en deviner une on en rencontre de nouvelles qui ne sont pas moins obscures que la première."

Die vergessenen Experimente von FLOURENS wurden oberflächlich, zuerst von E. HARLESS (1853) wiederholt[150]), dann detaillierter von CZERMAK (1860),[151]) welcher durch seine Abhandlungen aufs neue die Aufmerksamkeit auf die Frage über die Funktion der halbkreisförmigen Kanäle und auf die klassischen Experimente von FLOURENS lenkte. Man fing an, seine Experimente zu wiederholen, ohne jedoch die im Original vorgeschriebenen Vorsichtsmafsregeln zu beachten (BROWN-SEQUARD 1860,[152]) VULPIAN 1866.[153]) GOLTZ 1869,[154]) LOEWEN-

[150]) E. HARLESS. WAGNERs Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie. Bd. IV. Artikel „Hören". p. 422. 1853.

[151]) JOH. NEPOMUK CZERMAK. FLOURENS' Experimente an Vögeln über die halbzirkelförmigen Kanäle. Orvosi Hetilap. Pest. Oktober 1860 und Comptes rendus 1860. — Notiz über eine neue Folgeerscheinung nach Durchschneidung der Semicircularkanäle bei Vögeln (Tauben). Jenaische Zeitschrift. 1866.

Die beiden Artikel sind aufgenommen in: „Gesammelte Schriften" in zwei Bänden. 1879. Bd. I. erster Artikel p. 625—628; zweiter p. 776—779.

[152]) BROWN-SEQUARD. Course of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system. Philadelphia 1860. p. 194.

[153]) A. VULPIAN. Leçons sur la physiologie générale et comparée du system nerveux. Paris 1866. p. 600—602.

[154]) GOLTZ. Über die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths. PFLÜGERs Archiv für die gesamte Physiologie. Bd. III. p. 172—192. 1870. 2 operierte Tauben wurden am 21. Sept. 1869 auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck vorgestellt. Tageblatt der Naturf.-Versammlung 1869. Ref. Monatschrift für Ohrenheilkunde. 1869. Oktober. p. 146.

BERG 1870.[155]) Den gröfsten Eifer verwandte man dabei nicht auf die genaue Prüfung der Experimente, sondern auf die Erklärung der bei der Durchschneidung der Kanäle beobachteten sonderbaren Störungen der Bewegungen und des Gleichgewichts. Einige der Forscher betrachteten diese charakteristischen Erscheinungen als das Resultat der *Reizung* des Gehörnerven (BROWN-SEQUARD, VULPIAN, LOEWENBERG, CYON und SOLUCHA[156]), andere, wie FLOURENS, als das Resultat der *Lähmung* desselben Nerven (GOLTZ).

Manche (SCHKLAREWSKY 1872,[157]) BLOCH 1873,[158]) besonders BOETTCHER 1874[159]), ANNA TOMASZEWICZ 1877[160])) haben völlig oder nur teilweise einen Zusammenhang zwischen den durchschnittenen Kanälen und den darauf folgenden Störungen der Koordination der Bewegungen in Abrede gestellt. Sie erklärten dieselben durch den Blutverlust, durch Kompression des Gehirns, durch Zerrung des Gehörnerven, durch Verletzung der benachbarten Organe und durch Läsion eines eigentümlichen Fortsatzes des Kleinhirns, auf dessen Existenz schon FLOURENS hingewiesen hatte, und welcher (bei Vögeln) in einer besonderen Höhle zwischen den halbkreisförmigen Kanälen (cavitas mesootica SCHKLAREWSKY) liegt.

Diesen Ansichten widersprachen andere Forscher (BREUER[161]) u. a.),

---

[155]) LOEWENBERG. Über die nach Durchschneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinths auftretenden Bewegungsstörungen. In französischer Sprache abgefafst im Sommer 1869 und am 6. Juni 1870 der Académie des Sciences eingereicht. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. Bd. III. 1. Abt. p. 1—12. 1873.

[156]) SOLUCHA und E. CYON. Im physiologischen Laboratorium der M. Ch. Akademie i. J. 1873 ausgeführte Arbeiten Prof. CYONS. 1874. p. 57.

SOLUCHA. Mitgeteilt von E. CYON. Über die Funktion der halbzirkelförmigen Kanäle. PFLÜGERs Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. VIII. p. 306—327. 1874.

[157]) SCHKLAREWSKY. Kleinhirn und Bogengänge der Vögel. Vorläufige Mitteilung. Vorgelegt von G. MEISSNER. Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen. 12. Juni 1872.

[158]) J. BLOCH. Über die Funktionen der halbkreisförmigen Kanäle des Ohrlabyrinths. Dissert. Petersburg. p. 1—33. 1873. (russisch). Geschrieben unter Anleitung Professor BOETTCHERs in Dorpat.

[159]) A. BOETTCHER. Kritische Bemerkungen und neue Beiträge zur Litteratur des Gehörlabyrinths. 1872. Mit 2 lith. Tafeln. Dorpat. 1872. 8. p. 88.

A. BOETTCHER (Dorpat). Über die Durchschneidung der Bogengänge des Gehörlabyrinths und die sich daran knüpfenden Hypothesen. Mit 4 Holzschnitten. Archiv f. Ohrenheikunde. Bd. IX. Heft 1 und 2. p. 1—71. Am 19. Juni 1874.

[160]) ANNA TOMASZEWICZ (aus Warschau). Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. Inaugural-Dissertation. Zürich 1877. p. 1—91. Arbeit aus dem Laboratorium des Prof. HERMANN.

[161]) JOSEF BREUER. Über die Funktionen der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Vorläufige Mitteilung in der k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien. Am 14. Nov. 1873. Erste Mitteilung. Medizinische Jahrb. p. 72—124. 1874. Wien.

Zweite Mitteilung. Beiträge zur Lehre vom statischen Sinne (Gleichgewichtsorgan, Vestibularapparat des Ohrlabyrinths). Medizinische Jahrbücher herausg. von

welche die Richtigkeit der von Flourens konstatierten Thatsachen bewiesen. Dabei wurden neue interessante Erscheinungen entdeckt: die Schwäche der Extremitäten — Boettcher, Curschmann,[162]) Berthold[163]), gewisse regelmäfsige Bewegungen der Augen — Bornhardt[164]), Cyon[165]), sowie einige Ungenauigkeiten in den Beobachtungen Flourens' nachgewiesen.

Man begnügte sich nicht mehr mit Experimenten an Tauben und Kaninchen; man begann sie auch an Fröschen und Fischen auszuführen. Aus der Diskussion ist ersichtlich, dafs die Verschiedenheit der Meinungen über die erhaltenen Resultate und der sie begleitenden Erklärungen hauptsächlich infolge Ungenauigkeiten beim experimentellen Verfahren bedingt war. Dieser Umstand gab den Antrieb, sich mit der sorgfältigen Bearbeitung der von Flourens angeführten operativen Methode und den hierbei vorkommenden Zufälligkeiten zu beschäftigen, und wies auf die Notwendigkeit hin, dabei gewisse Vorsichtsmafsregeln zu beobachten (Breuer, Bloch, Solucha und Cyon 1873, Curschmann, Boettcher, Cyon 1878 u. a.). Man glaubte neue Resultate zu erlangen, wenn man die Durchschneidung der Kanäle durch andere Mittel zur Zerstörung des normalen Zustandes ersetzte, durch chemische und physikalische Agentien (durch Wärme, Kälte, Elektrizität und verschieden-

der k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien. p. 87—156. 1875. Ref. Archiv f. Ohrenh Bd. VIII p. 302.

[162]) H. CURSCHMANN. Über das Verhältnis der Halbzirkelkanäle des Ohrlabyrinths zum Körpergleichgewicht. Vorläufige Mitteilung. Deutsche Klinik. Bd. XXVI. No. 3. p. 20—22. 17. Januar 1874.

Eine Reihe von Schlufsfolgerungen. Die Darstellung der Thatsachen, an Grund deren sie gezogen sind, wird bis zu einer späteren detaillierteren Mitteilung verschoben, die, wie es scheint, nicht erschienen ist.

[163]) E. BERTHOLD. Über die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Königsberg. Anfang April 1874. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. IX. p. 77—95. Am 19. Juni 1874.

[164]) A. BORNHARDT. Materialien zur Frage nach der Bedeutung der halbkreisförmigen Kanäle des Ohrlabyrinthes. Diss. p. 1—173. 1875. 19. April. — Centralblatt f. mediz. Wissensch. 1875. — A. BORNHARDT. Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Bogengänge des Ohrlabyrinths (Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. USTIMOWITSCH in St.-Petersburg). PFLÜGERs Archiv Bd. XII. p. 471—522. Ende April 1876. Hier ist ein selbständiger Teil der Arbeit in deutscher Übersetzung abgedruckt: seine Methode und die Beschreibung der Experimente aus dem zweiten Teil der Dissertation, p. 88—173.

[165]) ELIE DE CYON. Recherches expérimentales sur les functions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace. Thèse pour le doctorat en médecine. Paris 1878. 1-er avril. p. 1—103. in-4°.

Diese Abhandlung ist fast vollständig abgedruckt in dem Militär-Medizinischen Journal 1879, April, Mai, Juni und Juli. Über die Funktionen der halbkreisförmigen Kanäle und ihre Rolle bei der Bildung unserer Vorstellungen vom Raume. (russisch).

Le rapport entre le nerf acoustique et l'appareil moteur de l'oeil. Comptes rendus. 1876. Gazette méd. 1876. No. 17.

artige mechanische Erreger). Besonders zahlreich sind in dieser Hinsicht die Experimente Spamers 1880 [166]). In allerletzter Zeit ist die Experimentaltechnik für das Labyrinth der Vögel ganz bedeutend vorgeschritten und hat durch die Arbeiten Breuers 1888 *) und Ewalds **) 1892 einen hohen Grad wissenschaftlicher Sicherheit erreicht.

Zugleich versuchte man eine wahrscheinlichere Erklärung für die Störungserscheinungen nach der Durchschneidung der Kanäle zu finden, indem man sie eingehender analysierte, und sich mit der Auslegung Flourens' nicht begnügte, welcher den Vorhofsnerven für einen *Sinnesnerven* nicht hielt, aber in den halbkreisförmigen Kanälen einen speziellen Apparat zur *Regulierung der Bewegungsrichtung* sah.***) Da es nun an direkten Experimenten fehlte, war man gezwungen, zu Annahmen und Vermutungen zu greifen. Der schwierigste Punkt bei der Lösung dieser wichtigen und aufsergewöhnlich verwickelten Frage war, wenn auch nur annähernd, jenen normalen Erreger zu zeigen, durch welchen die Endapparate der Ampullen und der beiden Säckchen — des utriculus und sacculus gereizt werden. Brown-Séquard, nach ihm Loewenberg meinten, dafs die Nerven schon durch die Durchschneidung gereizt werden und auf reflektorischem Weg durch den Thalamus opticus Bewegungsstörungen hervorrufen. Nach Vulpian (ihm folgten Cyon, Tomaszewicz, Bornhardt) hat die Verletzung des Kanals starke Gehörsempfindungen mit Gehörschwindel (vertige auditif) zur Folge. Aber ungeachtet aller dieser Annahmen wufste man doch noch nichts von dem *normalen* Erreger. Wie früher, blieb die Funktion der Kanäle immer noch ein Rätsel. Endlich wurde die Lösung, nach Breuers Ansicht, von Goltz (1870) gegeben.

Goltz nahm an, dafs die in den halbkreisförmigen Kanälen enthaltene Endolymphe auf die Wände der Ampullen einen bestimmten Druck ausübt und in ihnen eine gewisse Spannung hervorbringt. Die Stärke dieses Druckes und dieser Spannung verändert sich mit der Lage des Kopfes, da die Höhe der Flüssigkeitssäule über den Ampullen sich hierbei ändern wird. Die Lage des Kopfes wird durch die empfangenen unbewufsten

[166]) C. Spamer. Experimenteller und kritischer Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle. Pflügers Archiv f. die gesamte Physiologie. Bd. 21 p. 479—590. Den 14. April 1880.

*) Breuer. Neue Versuche an den Ohrenbogengängen. Pflügers Archiv f. d. gesamte Phys. Bd. 44. p. 135—152. 22. Okt. 1888.

**) Richard Ewald. Physiolog. Untersuchungen über das Endorgan des N. octavus. Wiesbaden 1892.

***) 1842. p. 493. „L'autre nerf, le nerf des canaux semi-circulaires, *n'est pas un nerf de sens:* la section des canaux semi-circulaires ne détruit pas l'ouïe... Le nerf des canaux semi-circulaires est un nerf spécial et propre. *Il est doué de la faculté singulière d'agir sur la direction des mouvements.* — Il y a donc dans les canaux semi-circulaires, il y a dans les fibres opposées de l'encéphale, une force qui contient et modère les mouvements."

Empfindungen bestimmt. Die halbkreisförmigen Kanäle erscheinen als *spezielles peripheres Sinnesorgan zur Empfindung der Gleichgewichtslage des Kopfes* (die Bogengänge sind, so zu sagen, Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers).

So sah' denn Goltz zuerst die halbkreisförmigen Kanäle als ein eigenes *Sinnesorgan* an, was Flourens nie vermutet hatte. Nach dem glücklichen Vorgange von Goltz begannen, wie wir später sehen werden, auch andere die halbkreisförmigen Kanäle ebenfalls als Sinnesorgan anzuerkennen.

Die hydrostatische Hypothese von Goltz wurde durch Mach (6. Nov. 1873)[167], Breuer (14. Nov. 1873) und Crum Brown (19. Jan. 1874)[168] weiter entwickelt. Sie sprachen fast zu gleicher Zeit dieselbe Vermutung aus. Mach meinte zuerst, wie auch Breuer und Crum Brown, dafs bei jeder Kopfbewegung die *Peri- und Endolymphe in Bewegung kommen* und auf diese Weise eine Erregung der Nervenenden der Ampullen erzeugen. Bald aber änderte er, im Hinblick auf die Unmöglichkeit einer Bewegung der Endolymphe in den capillaren Röhren, seine Annahme dahin, dafs die Endolymphe bei jeder Bewegung des Kopfes die Nerven nur durch den *Druck* erregt, welchen sie auf die Wände der Ampullen ausübt. Der Druck wird nur bei jeder *Beschleunigung oder Verzögerung der Bewegung, aber nicht bei gleichmäfsiger Bewegung* empfunden. Somit hält Mach die halbkreisförmigen Kanäle für ein *Organ*, welches *zur Empfindung der Kopfbewegungen* dient (Organ der Bewegungsempfindung, Organ der Beschleunigungsempfindungen).

Breuer und Brown erklärten die Bewegungsstörungen durch ein Strömen der Endolymphe bei der Kopfbewegung und kamen auf diese Weise zu demselben Schlufs wie Mach, nämlich, dafs die halbkreisförmigen Kanäle Organe für die Empfindung der Kopfbewegungen sind. Da es aber unmöglich war, durch eine Bewegung der Endolymphe die Gleichgewichtserhaltung des Körpers im Zustande der Ruhe zu erklären, so mufste man noch einen anderen Erreger annehmen, nämlich nach der Ansicht Breuers, die *Ohrkrystalle* oder *Otolithen*. Bei den niederen Thieren ist das sogenannte Ohrbläschen und der in ihm enthaltene

---

[167]) E. Mach. Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Mit 18 Holzschnitten. Leipzig 1875. p. 1—127.

Physikalische Versuche über den Gleichgewichtssinn des Menschen. Sitzber. d. Wiener Akademie. Vorläufige Mitteilung. Bd. 68. 6. Nov. 1873. p. 124—140.

Versuche über den Gleichgewichtssinn. Sitzber. der Wiener Akademie. 2. Mitteilung. Bd. 69. 1874.

3. Mitteilung. Über Gleichgewichtssinn. p. 44—51.

Alle diese 3 Mitteilungen finden sich in Grundlinien etc.

[168]) A. Crum Brown (Edinburgh). 19. Jan. 1874. On the sense of Rotation and the Anatomy and Physiology of the semicircular Canals of the internal Ear. Proceeding of the Roy. Soc. of Edinb. t. VIII. p. 255, 770 und im Journal of Anatomy and Physiology. Vol. VIII.

Otolith infolge seiner Festigkeit geeigneter zur Wahrnehmung der Körperbewegungen als der Schallschwingungen.

Die Otokonie und die Otolithen streben in folge ihrer Schwere immer nach unten, erregen in dieser Richtung die Nerven und rufen die Empfindung von der senkrechten Kopflage oder ihrer Abweichungen von der Senkrechten hervor. Auf diese Weise repräsentiert der utriculus mit den halbkreisförmigen Kanälen ein Organ zur *Gleichgewichtserhaltung* (wie auch Goltz), welches Breuer nach dem Vorschlag Niemeyers *statisches Organ* (statisches Sinnesorgan) nannte.

Die Annahme Breuers[169]) bezüglich der Otolithen als normaler Erreger wird immer wahrscheinlicher. In der letzten Zeit zeigte Yves Delage (1886)*) und Max Verworn (1891).**) dafs nach Entfernung der Ohrbläschen mit dem Otolithen (Otocysten) bei den niederen Thieren *Gleichgewichtsstörungen* eintreten. Sewall (1883), Steiner (1886) und Kreidl***) (1892) beobachteten rotierende Bewegungen der Augen und verschiedene Gleichgewichtsstörungen während der mechanischen Erregung der Ampullen und der Zerrung der Otolithen des utriculus und des sacculus bei den Haifischen und Rochen.

Für den Menschen suchte zunächst James 1882†) die Bedeutung der Bogengänge zu ergründen, und später noch eingehender Kreidl 1891††) und Pollak 1893†††), und zwar durch Versuche an Taubstummen. Hierbei scheint es sich herausgestellt zu haben, dafs der Gang von Taubstummen kein sicherer sei, dafs sie ferner, auf dem Karrussel dem Schwindel nicht unterworfen seien, ebenso würden sie weder schwindlig bei der Anwendung des elektrischen Stroms, noch träte hierbei jener Augennystagmus auf, welcher nach Breuer auf reflektorischem Wege vom Vestibularapparat ausgelöst werden soll.

---

[169]) J. Breuer. Über die Function der Otolithen-Apparate. Hierzu Tafel III, IV und V. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 48. p. 195—306. Den 20. Dezember 1890.

*) Yves Delage. Sur une function nouvelle des otocystes chez les invertebrés. Comptes rendus. C. III p. 798—801. 1886.

**) Max Verworn. Gleichgewicht und Otolithenorgan. Experimentelle Untersuchungen. Mit 5 Holzschnitten. Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. 50. 9 u. 10. Heft. p. 423—47. Am 24. Nov. 1891.

***) Alois Kreidl. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. I. Versuche an Fischen. Sitzungsbericht der Kais. Akademie f. Wiss. in Wien. Bd. CI. Abt. III. Nov. 1892.

†) W. James. The sense of dizziness in deaf-mutes. Amer. Journ. of Otology. 4. 1882.

††) Alois Kreidl. Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Kranken und Taubstummen. Hierzu Taf. VII. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 51. p. 119—150. Am 22. Dez. 1891.

†††) Pollak. Über den „galvanischen Schwindel" b. Taubstummen und seine Beziehungen zur Funktion des Ohrlabyrinthes. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 54. p. 188—208. Am 21. April 1893.

Die Goltzsche Hypothese wird von Viguier eine *statische* genannt: ihre Modifikationen, welche wir in den Hypothesen von Mach, Breuer, Cr. Brown vorfinden, könnte man in Anbetracht der in denselben angenommenen Strömung der Lymphe *kinetische* oder *hydrodynamische Hypothesen* nennen.

Cyon schien der hydrostatischen Hypothese einen besonders fühlbaren Stofs durch seine Experimente gegeben zu haben, indem er dabei auf die Bestimmung des normalen Erregers verzichtete und sich der Meinung Breuers anschlofs. Nach Cyons Ansicht bilden die halbkreisförmigen Kanäle ein *Sinnesorgan* (wie Goltz) mit der *speziellen Bestimmung, Empfindungen hervorzurufen, welche zur Bildung des Raumbegriffes mit den 3 Dimensionen dienen* (organe du sens de l'espace). Aber das ist doch schon längst, nur in anderer Form, von Autenrieth ausgesprochen worden, der nicht irrtümlich, wie Cyon, behauptete, „dafs die Richtung der halbkreisförmigen Kanäle aufs genaueste den Ordinaten der drei Dimensionen des Raumes entspricht". (Siehe Hyrtls Abhandlung 1845, welcher bewies, dafs das gegenseitige Verhältnis der Kanäle zu einander sehr variiert.) Cyon kleidete, indem er ohne jeden beweiskräftigen Grund die akustische Bedeutung der halbkreisförmigen Kanäle verwarf, den Gedanken Autenrieths in neue Worte, brachte einige neue Thatsachen zu Gunsten dieser Vermutung vor und nannte, ebenso wie andere Goltz nachahmend, die halbkreisförmigen Kanäle ein Sinnesorgan zur Bestimmung der drei Dimensionen. Der ganze Unterschied besteht darin, dafs Autenrieth als Erreger der Ampullarnerven die Schallschwingungen annahm, die Cyon in Form von subjektiven Geräuschen in seiner ersten Mitteilung ebenfalls als Erreger anerkannte. Jede Teilnahme der Kanäle am Bildungsakte der Gehörseindrücke zu verneinen, sind wir mangels positiver Thatsachen vorläufig nicht berechtigt.

Laborde[170]) meint, dafs die halbkreisförmigen Kanäle ein *Empfindungs- und Bewegungsapparat* sind, *der mit dem Gehörorgan verbunden ist und die durch Schalleindrücke hervorgerufenen Bewegungen des Kopfes und Rumpfes leitet.*

Endlich möge die letzte Annahme Viguiers (1882)[171]) eines besonderen *Sinnesorgans zur Orientierung im Raume* (sens de l'orientation) angeführt werden. Auf die Existenz eines solchen Organs führen einige Be-

[170]) Laborde. Essai d'une détermination expérimentale et morphologique du rôle fonctionnel des canaux semi-circulaires. Bulletin de la Société d'anthropologie 1 décembre 1881.

„Cet organe est un appareil sensivo-moteur, associé au sens de l'ouïe et destiné à faire exécuter les mouvements de la tête et du corps que provoque l'impression sonore."

[171]) G. Viguier. Le sens de l'orientation et ses organes chez les animaux et chez l'homme. Revue philosophique. 1882. juillet. p. 1—36.

obachtungen, die an Jägern, wilden Völkern und vielen Tieren gemacht werden. Besonders die letzteren sind im höchsten Grade mit dieser Fähigkeit ausgestattet: sie können über sehr grofse Strecken gehen und fliegen, in allen möglichen Richtungen umherirren, um schliefslich doch ihren Ausgangspunkt zu erreichen. VIGUIER nimmt als Sitz der Orientierung die halbkreisförmigen Kanäle an; mit ihm stimmt in dieser Hinsicht auch YVES DELAGE überein[172]) (1886). Wie soll man sich diese eigenartige Fähigkeit erklären? Um diese Frage zu beantworten, nimmt VIGUIER, den Gedanken eines anonymen Autors*) weiter entwickelnd, an, dafs der irdische Magnetismus als normaler Erreger der Ampullen dient. Von diesem werden in den halbkreisförmigen Kanälen Ströme von verschiedener Stärke hervorgerufen, infolge deren verschiedene Empfindungen entstehen, nach welchen das Tier sich wie nach den Angaben eines Kompasses richtet.

Die Folge der angeführten Annahmen war, dafs man anfing, die Existenz eines besonderen speziellen *sechsten Sinnes* anzuerkennen, von welchem der lebende Organismus während seiner Fortbewegung im Raume geleitet wird. EWALD 1892 (l. c.) gelangt auf Grund seiner Versuche zur Annahme, dafs im Labyrinth neben einem schallverteilenden Apparat ein solcher sich befände, der einen beständigen Einflufs auf die Nervenbahnen ausübt, weshalb er auch diesen Teil des Labyrinths *Tonuslabyrinth* nennt. Demnach wäre es ein Irrtum, den n. acusticus als solchen zu bezeichnen. EWALD bezeichnet ihn auch nur als n. octavus.

Der schwächste Punkt aller dargelegten Annahmen besteht in ihrer Einseitigkeit. Alle sprechen von den halbkreisförmigen Kanälen mit ihren Ampullen, indessen erwähnt aufser BREUER kaum jemand den utriculus und den sacculus.

Zum speziellen Teil übergehend, möge uns gestattet sein, die Disposition, welche hierbei befolgt ist, anzugeben.

---

[172]) YVES DELAGE. Études expérimentales sur les illusions statistiques et dynamiques de direction pour servir a déterminer les fonctions des canaux semi circulaires de l'oreille interne. Archives de Zoologie Expérimental. T. IV. Année 1886. No. 4. p. 535—624.

Die Übersetzung dieser Abhandlung in die deutsche Sprache ist, unter Erweiterung der Beobachtungen, von H. AUBERT ausgeführt: Physiologische Studien über die Orientierung unter Zugrundelegung von YVES DELAGE études etc. Mit einem Anhang PURKINJEs Bülletin von 1825: Über den Schwindel. 1888. Hier finden sich die Abbildungen der Apparate, vermittelst deren DELAGE seine Beobachtungen anstellte.

*) Quarterly Review 1872. l. c. VIGUIER. Der anonyme Autor meint, dafs im Körper des Tieres elektrische Strömungen in bestimmten Richtungen cirkulieren, deren Richtung unter dem Einflufs des Erdmagnetismus wie die der Kompafsnadel wechselt. Demzufolge orientieren sich die Tiere leicht im Raume. VIGUIER nimmt als Sitz dieser Strömungen, wie wir sahen, die halbkreisförmigen Kanäle an.

Die Experimente sind nach den Tiergattungen, innerhalb welcher sie ausgeführt wurden, zusammengesellt; hierbei sind der Deutlichkeit und Vollständigkeit halber auch diejenigen Tierkreise, Ordnungen und Familien in zoologischer Reihenfolge angeführt, für welche noch keine Experimente vorliegen.

Bei einer solchen Einteilung des Materials treten die vorhandenen Lücken klar und deutlich hervor, wodurch eine Reihe neuer interessanter Fragen markiert wird, von deren Lösung man die Klärung einiger strittiger Punkte erwarten kann.

Zum Zwecke leichteren Überblicks des Verhältnisses der halbkreisförmigen Kanälen zu den Säckchen sind in dem letzten Abschnitt dieses Buches (Über die Experimentalmethoden) Abbildungen angeführt.

Im ersten Teil ist das faktische Material zusammengestellt und von den zugehörigen Erklärungen abgesondert, welche infolge häufiger Beimischung subjektiver Annahmen nicht selten das Wesen der Sache verdunkeln. Interessante Beobachtungen, genau konstatierte Facta haben stets ihren Wert: bald werden sie als Baumaterial zur Aufführung manchmal wunderbarer hypothetischer Gebäude, bald als Werkzeug zur Zerstörung des schon Aufgebauten gebraucht. Und noch viele durch die verschiedensten Hypothesen hervorgerufene Stürme werden über diese Thatsachen dahinbrausen! Deshalb hat Verf. es sich zur Aufgabe gestellt, möglichst genau selbst die anscheinend geringsten Beobachtungen aufzunotieren, den Worten Henri de Lacaze-Duthiers folgend:

„Rien n'est secondaire en physiologie (bei ihm zoologie). Pour pouvoir s'élever du simple au composé, du particulier au général, les détails préliminaires ne sauraient jamais être assez nombreux.“*)

Die Störungen des Gleichgewichts nach der mechanischen Vernichtung der Ohrbläschen (Otocysten) bei den wirbellosen Tieren.

Das Gehörbläschen mit den darin befindlichen Steinchen (s. Abbildung 66) sahen die Zoologen immer als ein Gehörorgan an, obwohl keine direkten Beweise für diese Annahme gegeben waren. Zu diesem Schlusse ge-

---

*) Es war mir nicht möglich, folgende Werke über die halbkreisförmigen Kanäle im Original zu lesen:

[173]) Michalsky. Inauguraldissertation. Greifswald. 1876.

[174]) Stefani. Lo Sperimentale. Mai 1877 u. Dez. 1876.

[175]) Stefani u. Weiss. Ricerche anatomiche intorno al cervelletto di colombi sani ed operati nei canali semicircolari. Mitteilung an die Akademie in Ferrara. 24. Nov. 1877.

[176]) Croom Robertson. The semi-circular canals and the „Sense of Space“. Mind. 1878. p. 559.

langte man eigentlich auf dem Wege der Exclusion. Wie dem aber auch sei, die Experimente von Yves Delage (1886)[177] zeigten, dafs diesem Bläschen oder dieser Otocyste auch noch die *Fähigkeit innewohnt, die Bewegungen* des Tieres *zu regulieren* und auf diese Weise den Körper im *Gleichgewicht* zu erhalten. Diese wichtige Beobachtung bedarf noch der genauesten experimentellen Bestätigung. Durch sie wird die Aufgabe für den Physiologen sich in bedeutendem Mafse vereinfachen, und ihm die Möglichkeit gegeben sein, der Lösung der Frage nach der Funktion des Gehörflecks des utriculus der Wirbeltiere näher zu kommen.

Die Entdeckung von Yves Delage bewog einige Zoologen, sich in Anbetracht der Struktur der Otocyste anderer Tiere für seine Ansicht auszusprechen.

I.

PROTOZOA.

II.

COELENTERATA (Zoophyta).

A. SPONGIARIA.

B. CNIDARIA:

I. Klasse. Anthozoa (Actinozoa).

II. Klasse. Polypomedusae.

III. Klasse. Ctenophorae.

Fam. Cydippidae: Hormiphora (Cydippe) plumosa
Fam. Cestidae: Cestum Veneris
Fam. Lobatae: Eucharis multicornis
Fam. Beroidae:

Beobachtung **Engelmanns** (1887).[178]

Nach Durchsicht der oben besprochenen Arbeit von Yves Delage über die Bedeutung der Ohrbläschen schlägt E. vor, eine Reihe analoger Experimente an Ctenophoren auszuführen, in deren Sinneskörper sich ein Otolith befindet. Der letztere hat, wie die sorgfältigen Untersuchungen

---

[177]) Yves Delage. Sur une fonction nouvelle des otocystes chez les Invertébrés. Comptes rendus. CIII. p. 798—801. 1886.

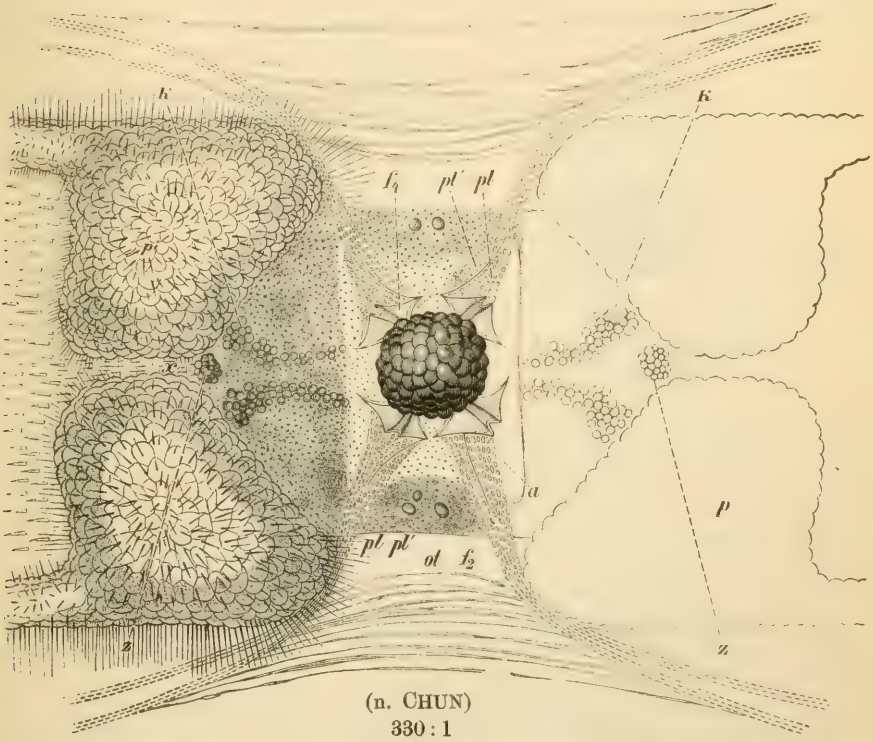
Yves Delage. Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice. Archives de Zoologie expérimentale et générale. T. 5. 2. Série. 1887. Paris.

[178]) Th. W. Engelmann. Über die Funktion der Otolithen. Zoologischer Anzeiger Nr. 258. p. 439—444. 15. Aug. 1887.

von CARL CHUN (1880)[179]) zeigten, eine kugelförmige Gestalt und ruht auf vier federähnlichen elastischen, mit Cilien besetzten Platten, welche radiär in jedem Quadranten gleichweit von einander entfernt liegen. Diese Federn kommunizieren mit den epithelialen Zellen des Sinnes-

[179]) CARL CHUN. Die Ctenophoren des Golfs von Neapel. 18 Tafeln u. 22 Holzschnitte. Herausg. von der Zoologischen Station zu Neapel. 1880. p. 75.

Fig. 78.



(n. CHUN)
330 : 1

Nach der Natur gezeichnet. Das Centralnervensystem von Eucharis multicornis.

a — Der untere viereckige Teil des Centralnervensystems, welcher von oben durchsichtig erscheint (die älteren Forscher nannten das Centralnervensystem einen Sinneskörper).

f—f_4 — Vier Federn mit auf ihnen ruhendem Otolithen.

pl — Die grofsen Cilienplatten, die in subventrale Cilienreihen — Nerven übergehen.

pl' — Die kleinen Cilienplatten, die in subtentakulare Cilienreihen übergehen.

z — Zellenhaufen am Anfang der Polplatten, welche nach rechts und links in Polfelder übergehen.

k — Körnerhaufen.

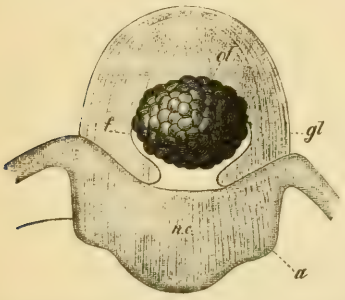
p — Vier kuppelartige, ein wenig gehobene Anfangsteile der Polplatten gehen, sich verengernd, in die Polplattenränder über.

pl — Polfeld.

ot — Otolithen, in der Bildung begriffen.

körpers, von welchem acht epitheliale Streifchen in meridionaler Richtung zu den acht Rippen mit Schwimmplatten ausgehen (Eucharis multicornis, Cestum Veneris, Hormiphora plumosa). E. meint, dafs die Bestimmung des Otolithen darin besteht, die Hauptaxe des Körpers mit Hilfe der Schwimmplatten *in vertikaler Lage* zu erhalten. Bei vertikaler Körperlage drückt der Otolith *gleichmäfsig* auf alle vier Federn. Bei Neigung der Axe nach irgend welcher Seite hin übt der Otolith, nach dieser Seite hinabfallend, auf eine der Federn einen gröfseren Druck aus als auf die anderen. Die Stärke dieses Druckes wird in direktem Abhängigkeitsverhältnis zu dem Winkel stehen, um welchen die Hauptaxe von der Senkrechten abweicht. Der ungleichmäfsige Druck wird eine ungleichmäfsige nervöse Erregung und

Fig. 79.



Das Centralnervensystem von Eucharis multicornis von der Trichterebene aus. 170:1. (n. CHUN.)

a – Der untere Teil des Centralnervensystems.
f – Die Federn.
ot – Der Otolith, auf den Enden der Federn ruhend.
gl – Die Glocke über dem Otolithen.

Das Centralnervensystem liegt immer auf dem Aboralpol an der Teilungsstelle der Trichterblutgefäfse und stellt sich dar in Form eines viereckigen pyramidenförmigen Körpers mit abgerundeten Ecken, welcher mit der Spitze dem Oralpol zugewandt ist. Von oben betrachtet erscheint die Pyramidenbasis als ein durchsichtiger Pol. Dieser Sinneskörper spitzt sich während der Muskelzusammenziehung zu, so dafs er fast eine konusartige Form erhält; bei Erschlaffung der Muskulatur ist er platt. Die Basis des Sinneskörpers ist immer mit einer ellipsenförmigen Glocke zugedeckt, die sich aus zusammengeschmolzenen Cilien gebildet hat. Gewöhnlich ist die Gröfse der Glocke der Gröfse des Sinneskörpers gleich. Ein besonderes Interesse bieten die in der Glocke eingeschlossenen Gebilde in Gestalt von vier scharf abgegrenzten und zur Mitte konvergierenden Platten, welche CHUN Cilienplatten nennt und auf deren Enden der Otolith ruht.

CHUN p. 75. „Am meisten Interesse nehmen die Bildungen innerhalb der Glocke in Anspruch. Den Quadranten des Körpers entsprechend, gewahrt man nämlich auf der Basis des Sinneskörpers vier gegen die Mitte der Glocke konvergierende und sich verbreiternde, scharf abgegrenzte Platten (Taf. XVI. Fig. 1—4). Sie endigen in vier mit breit halbkreisförmig geschwungener Basis interradial gestellten und einer 2 ähnlich gekrümmten Federn. Nach oben verschmälern sie sich und senken sich in einen Haufen von Otolithen derart ein, dafs letzterer inmitten der Glocke nach allen Seiten frei beweglich in den vier Federn pendelt."

Diese Cilienplatten konvergieren gegen die Schwimmplatten und vereinigen sich mit den an deren Basis befindlichen Nerven.

Die Glocke mit dem Otolithen ist von vier Polplatten umgeben. Jede solche Platte zerfällt in zwei Teile: in einen aus cylindrischem Epithel mit langen Flimmercilien gebildeten Randwall (p), und in ein nach der Mitte hin gelegenes, von diesem Wall umringtes, aus einem Plattenepithel mit sehr breiten Cilien gebildetes Polfeld (pf). Durch die Thätigkeit der letzteren wird das Wasser beständig in energische Bewegung nach der Glocke hin befördert, welche vermittelst zweier Öffnungen (x) mit den Polfeldern kommuniziert. Auf diese Weise erneuert sich beständig das Seewasser der Glocke.

folglich auch eine ungleiche Arbeit der Schwimmplatten hervorrufen. Dank dieser ausgleichenden Bewegung wird die Axe ihre normale vertikale Lage bewahren. Aus dem Angeführten sieht man, wie mit Hilfe der elementarsten reflektorischen Prozesse eine im höchsten Grade vollkommene und einfache maschinenartige Selbstregulierung des Gleichgewichts ohne Teilnahme der Eindrücke und des Willens erreicht wird. Eine solche Rolle spielen wahrscheinlich die Otolithen und die Ohrkrystalle bei allen anderen Tieren, wie schon früher BREUER (1873, 1875) vermutet hatte.

Beobachtungen **Verworns** (1881)[366].

Die von ENGELMANN geäufserten Annahmen hinsichtlich der Funktion des Otolithen der Ctenophoren bestätigte VERWORN an diesen Medusen auf experimentellem Wege. Er stellte auf der zoologischen Station zu Neapel an den Medusen: Eucharis multicornis, Bolina hydatina, Cestus Veneris, Beroë ovata, Beroë Forskalii Beobachtungen an.

I. Ehe VERWORN zur Entfernung des Otolithen schritt, bestimmte er die normale Stellung, die von der unverletzten Meduse während der Ruhe und während der Bewegung eingenommen wird. Es zeigte sich, dafs während der Ruhe die Meduse ihre Körperaxe *vollkommen vertikal* stellt, wobei der orale Pol in der Tiefe des Bassins nach dem Grunde, oben nach der Oberfläche des Wassers gerichtet ist.

Als das zu physiologischen Beobachtungen geeignetste Objekt bietet sich Beroë ovata 1) infolge der Einfachheit ihres Baues, 2) infolge der im Vergleich mit anderen Formen geringeren Empfindlichkeit und gröfseren Widerstandsfähigkeit gegen Änderungen der Wassertemperatur. Aufserdem treten unter allen Ctenophoren bei Beroë die Bewegungen zur Erhaltung der Körperbalance am deutlichsten auf. Bei vertikaler Stellung arbeiten die Schwimmplättchen rhythmisch, auf allen Seiten vollkommen gleichmäfsig. Wird das Tier bei aufwärts gerichtetem oralen Pol mittels eines Glasstäbchens vorsichtig gedreht, so geraten die Plättchen derjenigen Seite, welche mit der Vertikalen einen spitzen, nach unten gerichteten Winkel bildet, in den Aktionszustand, und diejenigen der entgegengesetzten Seiten bleiben genau bis zu dem Augenblick in Ruhe, wo die Axe des glockenförmigen Körpers die lotrechte Stellung einnimmt. Ohne diese Arbeit der Schwimmplättchen der anderen Seite geht die Axe konstant über die Vertikalstellung hinaus auf die andere Seite hinüber. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man die Thätigkeit der Schwimmplättchen der einen Seite auf einige Zeit zum Stillstand bringt. Dieses ist durch leichtes Reiben einer Seite zu erreichen. In diesem Falle werden die Plättchen auf einige Zeit in den gallertigen Körper eingezogen und hören auf zu arbeiten.

Bei allen Medusen mufs man die *aktive* Einstellung des Körpers in einer gewissen Lage mit Hilfe der Schwimmplättchen von der *passiven* während der Unthätigkeit derselben unterscheiden. Die Selbstregulierung geschieht mit bemerkenswerter Regelmäfsigkeit und Sicherheit, wie bei einem physikalischen Experiment. Das spezifische Gewicht des Körpers der Ctenophoren variiert mit der eingenommenen Stellung an der Oberfläche oder auf dem Boden des Gefäfses.

[366]) VERWORN, MAX. Gleichgewicht und Otolithenorgan. Experimentelle Untersuchungen. Mit 5 Holzschnitten. PFLÜGERs Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. L, 9. u. 10. Heft p. 423—472. Am 24. Nov. 1891.

II. Auf Grund seiner Beobachtungen kam VERWORN zu dem Schlusse, dafs die Einstellung in der Vertikallage bei aktiver Regulierung seitens der Schwimmplättchen erfolgt. Es erübrigte nun festzustellen, auf welche Weise das Otolithenorgan diese Regulierung ausführt.

Die ersten Versuche hinsichtlich eines Zusammenhanges zwischen dem Sinneskörper und der Bewegung des Tieres wurden von EIMER (1880)[32]) angestellt, welcher zeigte, dafs diese Bewegungen unabhängig von dem Sinneskörper, folglich ganz selbständig auftreten können. Als er eine Beroë ovata quer in 3 Teile zerschnitt, bemerkte er, dafs sofort nach der Operation auf allen Rippen die Bewegung der Plättchen aufhörte. Bald jedoch trat sie von neuem wieder auf und dabei zunächst in dem den Sinneskörper enthaltenden Stück, dann im mittleren und schliefslich im untersten. Doch gingen in diesem Falle alle Bewegungen äufserst unregelmäfsig und unbeständig vor sich. Bei Querdurchschneidung nur einer Rippe führten die Plättchen in beiden Teilen die Bewegungen unabhängig von einander aus. Diese Beobachtungen EIMERS wurden auch von KRUKENBERG bestätigt (1880).[368])

CHUN[179]) zeigte, dafs jeder der 4 Federn, auf denen der Otolith ruht, eine Cilienplatte entspricht (Fig. 78, p. 185) und dafs die Schwimmplättchen der beiden von ein und derselben Platte ausgehenden Rippen stets *rhythmisch* und *synchronisch* schlagen. Auf diese Weise erhalten beide Rippen vom Sinneskörper gleichzeitig die nämlichen Impulse, und deshalb geht die Bewegung der Plättchen auf ihren Rippen in jedem Quadranten vollständig unabhängig vor sich. Demnach können sich die Plättchen des einen Rippenpaares in Thätigkeit befinden, wenn sich die analogen Gebilde der anderen Rippen im Ruhezustande befinden. Von der Abhängigkeit dieser regelmäfsigen Bewegungen vom Sinneskörper überzeugte sich CHUN, als er unter dem Mikroskop an jungen Exemplaren die Rippen durchschnitt. Nach Ausschliefsung des Sinneskörpers hörte jede Regulierung auf, so dafs jede Rippe ihren besonderen Bewegungsrhythmus hatte. Die Richtigkeit der Beobachtungen CHUNS konnte auch VERWORN bestätigen.

III. Nach diesen einleitenden Beobachtungen stellte VERWORN an Eucharis multicornis, Bolina hydatina, Beroë ovata eine Reihe von Versuchen mit Entfernung des Otholithenorgans an.

A. Die Entfernung der Otolithen bei Eucharis multicornis, deren Gewebe sehr zart sind, gelang mittels Heraussaugens desselben. Zu diesem Zwecke wurde in den Sinnespol das ausgezogene Ende eines Glasröhrchens gesteckt, das bis zum Otolithenkörper eingeführt wurde. Durch Ansaugen wurde derselbe aus seinem Lager herausgerissen und fiel in die Höhlung des Röhrchens, mit dem er nunmehr zusammen entfernt wurde.

Bei Beroë gelang diese Manipulation infolge der gröfseren Dichte der Gewebe nicht. Hier wurde das Tier so in die Hand genommen, dafs der Sinnespol die Wasseroberfläche berührte, und dann der Otolithenapparat mittels eines glühenden, 0,5 mm dicken Drahtes ausgebrannt. Die Operation gelingt immer gut und verläuft bei einiger Vorsicht ohne gröbere Verletzungen der Nachbarorgane.

---

[367]) EIMER. Versuche über künstliche Teilbarkeit von Beroë ovatas. Angestellt zum Zweck der Kontrolle seiner morphologischen Befunde über das Nervensystem dieses Tieres. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XVII. 1880.

[368]) FR. W. KRUKENBERG. Der Schlag der Schwimmplättchen bei Beroë ovata In Vergl. physiolog. Studien zu Tunis, Mentone und Palermo. Experimentelle Untersuchungen. III. Abt. Heidelberg 1880.

Mag der Otolith auf die eine oder andere Art entfernt werden, stets resultiert *der Verlust der Fähigkeit, den Körper in die charakteristische Gleichgewichtsstellung*, d. h. mit dem Pole nach oben oder nach unten, *zu bringen*. Die Tiere nahmen meistens eine horizontale Stellung ein oder schwammen unregelmäfsig bei allen möglichen Stellungen der Körperaxe im Wasser. Nach der Entfernung des Otolithen lebten die Tiere weiter und änderten ihre Lebensweise wenig. So z. B. nahm bei Beroe die Gefräfsigkeit nicht ab, sondern bisweilen sogar zu.

B. Von der Bedeutung des Otolithen kann man sich noch durch folgenden Versuch überzeugen. Es wurde eine Beröe quer in zwei Hälften zerschnitten. Die orale Körperhälfte führte Bewegungen aus, die an otolithenlose Tiere erinnerten. Die obere Hälfte mit dem Sinneskörper schwamm wie ein vollkommen gesundes Tier. Nach Querdurchschneidung dieser Hälfte wurden im untern Stück die oben beschriebenen Erscheinungen beobachtet.

C. An einer Beröe wurden alle 4 Rippen auf der einen Seite durchschnitten. Nach einer gewissen Periode der Erregung, die sich in dem völligen Aufhören der Bewegungen der Plättchen äufserte, beginnen diejenigen der gesunden Seite von neuem zu arbeiten. Infolgedessen führte das Tier kreisförmige Drehbewegungen aus. Der Körper kam oft in die Horizontalstellung. Trotz der wieder beginnenden Thätigkeit der Plättchen auf der operierten Seite war die Meduse *nie im stande, ihren Körper*, wie gewöhnlich, *längere Zeit hindurch in der Gleichgewichtslage zu halten*.

D. Zur Entkräftung eines eventuellen Einwandes, als ob die Bewegungsstörungen nicht in der Entfernung des Otolithen, sondern in der Zerstörung der benachbarten Gewebe ihre Ursache hätten, stellte Verworn folgendes Experiment an. Er drang mit einer langen, an ihrem Ende zu einem spitzen Häkchen gebogenen Nadel von der Darmhöhle aus ein und zerstörte alle *unter dem Otolithen* gelegenen Gewebe. Nach einer 5—10 Minuten langen Erregungsperiode unterschied sich die Meduse in ihrem Verhalten von gesunden Tieren gar nicht. Die Zerstörung und Durchschneidung der Gewebe zwischen den Rippen durch Einführung der Nadel von aussen zwischen denselben ergab dieselbe Wirkung. Endlich wurden alle Organe zwischen dem Otolithen und der Mundöffnung zerstört. Das Resultat änderte sich nicht im geringsten.

IV. Verworn bestätigte die Beobachtung Chuns hinsichtlich der völligen Unempfindlichkeit der Ctenophoren gegen den Schall. Auch durch die mannigfachsten und stärksten Töne und Geräusche gelang es nicht, eine akustische Reaktion bei ihnen hervorzurufen. Daher kommt Verworn zu der Folgerung, dafs das Otolithenorgan mit der Gehörfunktion nichts zu thun habe. Zudem kann man sich auch schwer vorstellen, welchen Nutzen diese sich langsam bewegenden Tiere aus den ihnen übermittelten Gehörempfindungen ziehen könnten. Die angeführten Gründe berechtigen vollkommen, die bisher gebräuchlichen Bezeichnungen „Otolith“ und „Otocyste“, die den thatsächlichen Funktionen dieser Gebilde nicht entsprechen, durch die zutreffenderen „Statolith“ und „Statocyste“, die auf die Funktion dieser Organe hinweisen, zu ersetzen.

Demnach mufs auf Grund der citierten Experimente geschlossen werden, dafs die Statocyste an sich einen Apparat darstellt, der die Bewegungen der Ctenophoren reguliert. Nun bleibt noch klar zu stellen, in welcher Weise sich die Schwankungen in dem Druck, der vom Statolithen auf die sprungfederartigen Gebilde des Sinnespols ausgeübt wird, den Schwimmplättchen mitteilen. Wenn wir uns erinnern, dafs jede Sprungfeder (Fig. 21, p. 254) und die von ihr ausgehenden Rippen in ihrer ganzen Ausdehnung mit

Flimmerepithel bekleidet sind, so mufs das Auftreten, die Fortpflanzung und die Regulierung der Bewegungen ganz und gar dem Gesetz unterworfen sein, nach welchem die Flimmerbewegung vor sich geht.[369]) Dasselbe besteht darin, dafs unter normalen Bedingungen kein einziges Flimmerelement in Bewegung geraten kann, bevor nicht das ihm voraufgehende Element diese Bewegung bereits ausgeführt hat. Der Anfang jeder Flimmerwelle, welche sich durch die ganze Reihe der Flimmerelemente fortpflanzt, liegt stets im ersten Element und bei den Ctenophoren folglich in der Feder, auf welcher der Statolith ruht. Bei gleichmäfsigem Druck desselben auf alle Federn werden rhythmische, regelmäfsige Bewegungen auf allen Rippen entstehen. Mit der Änderung der Stellung und folglich auch mit dem Eintreten einer Ungleichheit in der Verteilung des Reizes werden die einen Flimmerelemente stärkere Impulse erhalten als die anderen. Bei einer gewissen Neigung des Körpers der Meduse wird der Statolith auf die beiden unteren Federn stark drücken, während die beiden höher gelegenen infolge der Bewegung und des seitlichen Fortrollens desselben keinen Druck empfinden werden. Im Resultat ergiebt sich verstärkte Arbeit der unteren und Unthätigkeit der oberen Schwimmplättchen. Sobald das Tier infolge der verstärkten Arbeit der einem stärkeren Druck unterworfenen Federn von neuem in die Vertikalstellung zu kommen beginnt, so beginnen infolge des erneuten Drucks des Statolithen auch sofort alle übrigen Plättchen, sich an der gemeinsamen Arbeit, den Körper ins Gleichgewicht zu bringen, zu beteiligen. Bei aufwärts gewandtem oralem Pol mufs der Statolith offenbar gänzlich von den Federn wegrücken. Welcher Art die von ihm hierbei eingenommene Lage ist, konnte bisher mikroskopisch noch nicht festgestellt werden. Wahrscheinlich ruft der Statolith dadurch, dafs er die Federn nach unten anzieht, eine entgegengesetzte Wirkung hervor.

Bei den Ctenophoren teilt sich die durch den Statolithen ausgeübte Reizung direkt den motorischen Elementen mit, während bei den höheren Organismen die Regulierung der Bewegungen durch das Centralnervensystem geschieht. Die Reizung gelangt auf den sensiblen Bahnen nach dem Centrum und von hier auf den motorischen Bahnen zu den Muskeln. Demnach stehen die Ctenophoren in dieser Hinsicht auf der niedrigsten Entwickelungsstufe.

Die Ansicht derer, welche im Statolithenorgan ein neues Sinnesorgan sehen, mufs man nach der Meinung Verworns für irrtümlich erklären.

III.

ECHINODERMATA.

IV.

VERMES.

Nach Yves Delage haben nur einige Anniliden ein Ohrbläschen. Die Operation ist durch die benachbarten Ganglienknoten sehr erschwert. Aufserdem sind diese Tiere infolge ihrer Schwerfälligkeit, Trägheit und der Unregelmäfsigkeit ihrer Bewegungen für Experimente wenig tauglich.

---

[369]) Verworn. Studien zur Physiologie der Flimmerbewegung. Pflügers Archiv. Bd. XLVIII. 1891.

V.

ARTHROPODA.

A. CRUSTACEA.

a. Entomostraca. Haben keine Otocysten.

b. Malacostraca:

1. Leptostraca

2. Arthrostraca

(= Edriophthalmata): Amphipoda und Isopoda. Haben keine Otocysten

3. Thoracostraca: Cumacea.

Fam. Squillidae: Squilla mantis.

Stomatopoda.

Schizopoda

Fam. Mysidae: Bisweilen fehlen die Otocysten.

Decapoda. Otocysten stets vorhanden.

α) Macrura

Fam. Caridinae (Garneelen): Crangon vulgaris, Palaemon (Crevette).

Fam. Astacidae: Gebia.

Fam. Loricata: Palinurus vulgaris, Scyllarus arctus.

β) Anomura: Fam. Hippidae, Fam. Paguridae, Fam. Galatheidae.

γ) Brachyura: Fam. Notopoda, Fam. Oxystomata, Fam. Oxyrhyncha, Fam. Catometopa.

Fam. Cyclometopa: Carcinus maenas, Polybius.

Nach Yves Delage haben die Entomostraca und von den Malacostraca die Arthrostraca keine Otocysten, bei den Schizopoda findet man sie ausnahmsweise. Nur bei den Decapoda fehlen sie nie. Bei den krebsartigen Tieren liegen die Otocysten nicht so tief in der Nähe der Nervencentren wie bei den Mollusken, sondern sie befinden sich in irgend einem Appendix. Der letztere Umstand ermöglicht eine mehr lokale Verletzung.

B. ARACHNOIDEA.

C. ONYCHOPHORA.

D. MYRIOPODA.

E. HEXAPODA-INSECTA.

Bei den Insekten spielt nach Yves Delage irgend ein anderes Gebilde die Rolle des Otocyste. Nach Entfernung des Gehörorgans beim Grashüpfer durch Abschneidung des Vorderbeins wurden keine Gleichgewichtsstörungen bemerkt.

Malacostraca. Thoracostraca.

Cumacea. Fam. Squillidae: Squilla mantis.

Beobachtungen **J. Steiners** (1887).[180])

Die Augen und die Otocysten sind entfernt. Wenn wir den Bewegungen aufmerksam folgen, werden wir unbedeutende Anomalien derselben und plötzliches Umfallen auf den Rücken bemerken. Alles das verschwindet sehr schnell. Gleichgewichtsstörungen bei der Fortbewegung (trouble de locomotion) wurden nie beobachtet.

Schizopoda. Fam. Mysidae: Mysis. (Die Gehörblase befindet sich an der inneren Lamelle der Schwanzflosse.)

Beobachtungen von **Yves Delage** (1887).

Eine Mysis, welcher die Augen und Otocysten entfernt sind, sinkt auf den Boden des Gefäfses (die Operation siehe Abschnitt über die Experimental-Methoden), wo sie, die Antennen leicht bewegend, liegen bleibt. Wenn das Tier während der Operation nicht besonders gedrückt wurde, so fängt es nach einiger Zeit an zu schwimmen, hat aber die Fähigkeit, sich zu orientieren, vollständig verloren. Das Tier dreht sich viele Stunden um seine Längsaxe. Ein Tier drehte sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 120 Drehungen in der Minute 3 Tage hindurch, ohne Veränderung der Richtung. Während der Drehung afs es und fing seine Beute. Andere Krebse umschrieben Halbkreise oder verlängerte Spiralen. Alle diese Erscheinungen verschwanden, sobald es dem Tiere gelang, sich an einen festen Gegenstand anzuklammern. Die Bewegungsstörungen sind gleich nach der Operation besonders stark, aber auch nach der Vernarbung der Wunde verschwinden sie nie.

Wenn sie nur des Ohrbläschens beraubt ist, schwimmt Mysis ganz normal. Der letztere Umstand zeigt, dafs der Mysis zur Gleichgewichtserhaltung des Körpers das Sehvermögen allein genügt.

Beobachtung **J. Steiners** (1887).

Bezüglich der Mysis stimmte S. der Beobachtung von Y. DELAGE bei.

Decapoda. (Otolithenhaltige Otocysten im Basalgliede der inneren Antennen (Fühler, Bartfäden).)

Macrura. Fam. Coridinae: Palaemon.

Beobachtung von **Y. Delage** (1887).

a. Die Springkrebse (Palaemon, crevette) ersetzen, dank ihrer Organisation, noch leichter als Mysis den Wegfall der Otocyste. Sie orientieren sich über ihre Körperlage nicht nur vermittelst gut entwickelter und sehr

---

[180]) S. STEINER. Sur la fonction des canaux semi-circulaires. Comptes rendus T. CIV. p. 1116—1117. 18 avr. 1887. Diese Abhandlung erschien nach der Arbeit von DELAGE 1886, 1887.

beweglicher Augen, sondern auch noch mittels ihrer Füfse und sechs langer Geifseln (filaments), die sich am Ende ihrer Bartfäden befinden.

Die Krebse weisen, wenn man ihnen nur die Otocysten wegnimmt, keine Bewegungsstörungen auf. Wenn ihnen aber zugleich die sechs Geifseln abgeschnitten werden, wird eine Veränderung bemerkbar. Während des schnellen Schwimmens neigt sich dann das Tier bald auf die eine, bald auf die andere Seite, oder es fällt nach vorn.

Die Krebse, bei welchen die Augen und Otocysten vernichtet sind, geraten nach der Operation in einen erregten Zustand, welcher sich in regelmäfsigen Drehbewegungen äufsert. Darauf beruhigt sich das Tier und kommt nach einigen Stunden augenscheinlich wieder ganz zu sich. Es schwimmt, vorsichtig die Füfse nach vorne spreizend, was man bei unverletztem Sehvermögen nie wahrnimmt. Bisweilen sind die Schwimmbewegungen ganz regelmäfsig, aber häufiger beobachtet man, dafs der Körper nach hinten überfällt und rücklings schwimmt. Erst nach einigen Minuten nimmt der Krebs, als ob er durch Tasten von seiner unregelmäfsigen Stellung Kenntnis erhalten hätte, seine gewöhnliche Lage wieder ein und beginnt sich normal vorwärts zu bewegen. Andere Tiere stürzen, mit dem Kopf nach unten, dem Grunde zu; ohne ihn jedoch zu erreichen, beschreiben sie eine krumme Linie und tauchen wieder zur Oberfläche empor.

Die Krebse, welche man geblendet und bei denen man die Basis der äufseren Bartfäden durchstochen hat, während die *Ohrbläschen unverletzt* blieben, geraten sogleich nach der Operation in einen Zustand der Erregung, welcher sich in starken Sprüngen nach hinten, aber nicht in Drehbewegungen äufsert. Einmal aber in ruhigem Zustand, beginnt der Krebs, unsicher, aber ganz regelmäfsig die Beinchen nach vorne ausstreckend, zu schwimmen. Das angeführte Experiment beweist, dafs man die Bewegungsstörungen in den oben erwähnten Experimenten mit den Ohrbläschen in direkte Beziehung bringen mufs; die Blindheit läfst diese Anomalie der Bewegungen nur noch schärfer hervortreten.

Springkrebse ohne Augen, Otocysten und Antennen machen die ungeordnetsten Bewegungen. Unmittelbar nach der Operation drehen sie sich in der unregelmäfsigsten Weise. Ungeachtet des dauernden Aufenthalts im Aquarium und guter Nahrung verschwand die Unregelmäfsigkeit der Bewegung nie, selbst in den Fällen nicht, in welchen die Antennen sich erneuert hatten.

Solche Tiere liegen meist unbeweglich auf dem Grunde des Gewässers. In ihrer Ruhe gestört, beginnen sie bald auf der einen, bald auf der anderen Seite zu schwimmen; am häufigsten bewegen sie sich, auf dem Rücken liegend und die verschiedensten Kurven beschreibend.

Nach der Abschneidung der Antennen unterhalb der Ohrbläschen (nicht nach ihrer einfachen Zerstörung) und bei gleichzeitiger Blendung werden die Bewegungen im höchsten Grade unregelmäfsig: das Tier kann nicht die geringste Strecke durchschwimmen, ohne sich einige Male zu überschlagen.

Die Vernichtung des einen Ohrbläschens zog schnell vorübergehende und nicht scharf hervortretende Veränderungen nach sich. In diesem Falle erfüllte das gesunde Organ die Funktion des kranken.

Die Drehbewegungen werden auch in dem Falle beobachtet, wenn wir mit einer feinen Nadel durch den Kanal eines inneren Bartfadens (Antenna) bis zum Gehirn vordringen. Wenn wir dasselbe mit einem äufseren Bartfaden anstellen, erhalten wir ein negatives Resultat.

Beobachtung **J. Steiners** (1887).

Beim Palaemon wird, wie dies von Y. DELAGE beschrieben worden ist, nach der Vernichtung der Augen und der Ohrbläschen eine Gleichgewichtsstörung wahrgenommen. Aber dieselbe währt nicht lange. Nach einigen Stunden beginnt das Tier mit den Brustbeinen zu gehen und mittels der Schwanzflosse regelmäfsig zu schwimmen. Wenn es mittels seiner Bauchfüfse zu schwimmen beginnt, dreht sich das Tier bisweilen um die Längsaxe seines Körpers; aber auch in diesem Falle gelingt es bisweilen dem Tiere, sein Gleichgewicht zu bewahren. Die Störungen verschwinden bald.

Decapoda.

Macrura. Fam. Astacidae: Gebia.

Beobachtung von **Y. Delage** (1887).

Gebia ist dadurch merkwürdig, dafs sie lange schwimmt und sich selten auf dem Grunde niedersetzt. Im Normalzustande schwimmt das Tier leicht und sehr schnell in der Horizontalebene, ein wenig nach den Seiten schwankend.

Wenn man nur eine innere Antenne auszieht, ohne die Augen zu berühren, so wird der Krebs, sich nach der operierten Seite eine wenig neigend, noch ganz regelmäfsig schwimmen. Das Abschneiden von einem oder zwei inneren Bartfäden bleibt ohne Einfluſs auf die Bewegung. Die Extraktion aber (die Operation siehe Abschnitt über die Methoden) beider innerer Bartfäden wird von schweren Gleichgewichtsstörungen begleitet. Das Tier wirft sich bald nach rechts, bald nach links, den Bauch nach oben gekehrt. Es versucht sich aufzurichten, fällt aber auf die entgegengesetzte Seite. Mit grofser Mühe gelingt es dem Tiere, die Stelle zu erreichen, nach der es strebt. Bei keinem krebsartigen Tiere treten die Erscheinungen der Bewegungsstörungen so scharf hervor wie bei der Gebia.

Nach der Entfernung der Augen und der Otocysten tritt eine vollständige Gleichgewichtsstörung ein. Das Tier dreht sich nicht besonders viel, aber indem es die gewöhnliche Lage einzunehmen strebt, beginnt es auf dem Rücken unregelmäfsige, ziemlich lange Kreise zu beschreiben. Die Entfernung der Augen und äufseren Bartfäden bleibt ohne Einfluſs auf die Regelmäfsigkeit der Fortbewegung.

Wiewohl bei Gebia noch niemals Otocysten gesehen worden sind, so kann man doch auf Grund der angeführten Erscheinungen von Bewegungsstörungen an ihrer Existenz kaum zweifeln.

Beobachtung **J. Steiners** (1887).

Bei Gebia zeigte sich nach Herausreifsen der inneren Bartfäden keine Gleichgewichtsstörung.

Decapoda.

Macrura. Fam. Loricata: Palinurus vulgaris und Scyllarus arctus.

Beobachtung **J. Steiners** (1887).

Bei Palinurus vulgaris und Scyllarus arctus wird nach der Entfernung der Augen und Ohrbläschen eine sehr unbedeutende Anomalie in der Bewegung

bemerkt, welche sich darin äufsert, dafs das Tier plötzlich auf den Rücken fällt. Bald aber verschwindet das gänzlich. Gleichgewichtsstörungen bei der Bewegung wurden nicht beobachtet.

Decapoda.

Brachyura. Fam. Corystides.

Beobachtung von **Y. Delage** (1887).

a) Corystes, Tiere mit äufserst langsamen Bewegungen, verhalten sich den gröfsten Teil der Zeit ruhig, indem sie sich in den Sand vergraben und von dort ihre langen äufseren Antennen herausstrecken. Die gewöhnliche Lage dieses Krebses ist die vertikale, da er immer auf dem hinteren Rande des Körpers und auf den hinteren Beinchen ruht. Gewaltsam in irgend welche andere Lage gebracht und dann sich selbst überlassen, strebt der Krebs immer seine vertikale Lage wieder einzunehmen.

Wenn man bei diesem Tiere die Bartfäden auszieht, ohne die Augen zu berühren, so verliert es die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu bewahren. Platt hingelegt strebt es die vertikale Lage einzunehmen, aber der Fähigkeit beraubt, die Bewegungen abzumessen, fällt es sogleich auf den Rücken. In solchem Zustande kann es, wenn man es in Ruhe läfst, unbestimmte Zeit verharren. Gestört, wird der Krebs einige Zeit unregelmäfsig schwimmen und dann wieder die Rückenlage einnehmen.

b) Fam. Cyclometopa.

Die kriechenden Krabben (Crabe commun., Carcinus maenas) sind zu Experimenten nicht besonders tauglich, weil sie dadurch, dafs sie mittels 8 Beinchen die Erde berühren, eine ziemlich feste Lage haben. Aber auch bei diesen Krabben werden unmittelbar nach der Extraktion der Bartfäden und der Vernichtung der Augen Gleichgewichtsstörungen wahrgenommen, die jedoch bald ganz verschwinden.

Etwas ganz anderes wird bei den schwimmenden Krabben beobachtet, z. B. bei Polybius, welcher gut und sehr schnell schwimmt. Die Entfernung der Augen oder der inneren Bartfäden oder beider Organe zugleich zieht keine Gleichgewichtsstörungen nach sich. Solche Tiere schwimmen ganz regelmäfsig, und auf den Rücken gelegt, richten sie sich schnell auf.

Die Entfernung einer Otocyste bleibt fast ohne Wirkung. Nach der Entfernung beider Ohrbläschen ohne Beschädigung der Augen beginnt die im Wasser gelassene Krabbe sich bisweilen 12 bis 15 Mal hinter einander zu überschlagen, darauf macht sie einige Wendungen nach rechts oder links und läfst sich schliefslich auf den Grund nieder, wo sie dann ruhig liegen bleibt. Nach der ersten Periode der Erregung beginnt das Tier wiederum zu schwimmen, indem es sich beständig um die eine oder die andere Axe des Körpers dreht, und kann nie sein Ziel in der direkten Richtung erreichen. Auf den Rücken gelegt, dreht es sich mit Mühe um.

Bei gleichzeitiger Entfernung der Augen treten die beschriebenen Erscheinungen noch schärfer hervor.

Beobachtung **J. Steiners** (1887).

Beim Carcinus maenas wurden nach Entfernung der Augen und der Ohrbläschen sehr unbedeutende Bewegungsanomalien bemerkt, die sich darin äufserten, dafs er plötzlich auf den Rücken fiel. Das alles verschwand bald, und das Tier ging in den normalen Zustand über.

Decapoda.

Macrura. Fam. Caridinae. Palaemon squilla.

Beobachtung **A. Kreidls** (1893). *)

Versuche an Palaemon squilla und Palaemon xiphios. Ausgehend von der von HENSEN (l. c.) im Januar 1863 festgestellten Thatsache, dafs gewisse Krebse bei der Häutung ihre Otolithen verlieren und sich nach der Häutung frische Körperchen einführen, gleichgültig, was für ein Material ihnen dazu angeboten wird, führte KREIDL eine von EXNER ausgesprochene Idee aus und bot den besagten Krebsen fein gepulvertes Ferrum oxyd. hydr. reduct. dar. Diese Eisenteile wurden nun von den Tieren in ihre Gehörbläschen, wie KREIDL sich hiervon durch chemische Reaktion und mikroskopische Untersuchung überzeugen konnte, zum Ersatz der Otolithen eingeführt. Näherte nun KREIDL der Otocyste von seitlich und oben einen Elektromagneten bei geschlossenem Strome, so drehte sich das Tier vom Magneten weg, so dafs die Medianebene seines Leibes geneigt war, und zwar entfernte sich dieselbe um so stärker vom Magneten weg, je näher man an das Tier herankam.

Näherte sich KREIDL mit dem Magnetpol von unten und seitlich, so näherte sich das Tier in einer gewissen Entfernung mit dem Rücken nach der Seite des Magneten u. s. w. Bei diesen Seitwärtsneigungen führten die Tiere kompensierende Augenbewegungen aus. Zur Kontrolle und zum Beweise, dafs es sich hierbei um eine *funktionelle* Reaktion des Tieres handelt, wurde einem normalen Palaemon auf dem Basalgliede der inneren Antenne aufsen, entsprechend den Otocysten eine beträchtliche Menge Eisen mittels Asphaltlack aufgeklebt. Bei Annährung eines Magneten wurde das Tier einfach *angezogen*.

VI.

MOLLUSCA.

A. SOLENOGASTRES.
B. LAMELLIBRANCHIATA.
C. SCAPHOPODA.
D. GASTROPODA.

Placophora.
Prosobranchia.
Heteropoda: Fam. Pterotracheidae: Carinaria mediterranea, Pterotrachea coronata (siehe p. 120 RANKE).
Pulmonata.
Opisthobranchia.
Pteropoda.

---

*) A. KREIDL. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. II. Mitteil. Versuche an Krebsen. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1893. CII. Band I. Heft Abteil. III.

E. CEPHALOPODA (Kopffüfsler).

α) Tetrabranchiata (einige Familien).

β) Dibranchiata.

Decapodida:

Fam. Spirulidae.
Fam. Belemnitidae.
Fam. Myopsidae: Sepia officinalis u. a.
Fam. Oigopsidae.

Octopodida:

Fam. Octopodae: Octopus vulgaris.
Oct. macropus u. s. w.
Fam. Philoxenidae.

Nicht alle Mollusken sind zu Experimenten an den Otocysten gleich tauglich. Nach DELAGE sind die Lamellibranchiata zu Experimenten nicht tauglich, da sie zu schwache Bewegungen machen, als dafs man an ihnen die Erscheinungen der Bewegungsstörungen studieren könnte. Hinsichtlich der Gastropoda kann man mit Gewifsheit sagen, dafs infolge der engen Nachbarschaft des Bläschens und der Nervencentren der Ausgang der Operation tödlich ist. Von dieser Ordnung werden vielleicht die Heteropoda zu Versuchen tauglich sein. Aus der Klasse der Kephalopoden sind alle tauglich. Decapodida sind sehr bewegliche Tiere und wären deshalb zu Experimenten sehr tauglich, aber die Otocysten liegen gerade unter der grofsen Vene, in welche das Blut aus dem Kopf und den neben den Augen gelegenen Sinus strömt. Jeder Versuch, die Otocyste zu entfernen, zog einen tödlichen Blutverlust nach sich. Angesichts dieses Umstandes blieb DELAGE bei dem Achtfüfsler (poulpe, octopus).

VII.
MOLLUSCOIDEA.

VIII.
TUNICATA.

Mollusca.

E. Cephalopoda
Octopodida. Fam. Octopodae: Octopus vulgaris, O. makropus.

Beobachtungen von **Yves Delage** (1887).

Die Vernichtung des Ohrbläschens beim Octopus.

Mit vernichtetem Ohrbläschen (Art der Operation siehe im Abschnitt über die Methoden) unterscheidet sich die Molluske auf den ersten Blick in nichts von den Normaltieren. Sie sitzt in der kleinen Höhle des Aquariums, frifst Krabben, und von Zeit zu Zeit bewegt sie sich leise längs den Wänden des Gefäfses fort. Wenn man den Achtfüfsler aber mit einem Stöckchen von der Wand loslöst und frei im Wasser zu schwimmen zwingt, so springt

die Unregelmäfsigkeit der Bewegungen sogleich ins Auge. Bei langsamer Fortbewegung wird infolge einer Drehung um die Längsaxe ungefähr um 20—30 Grad ein Schwanken des Tieres von einer Seite zur anderen beobachtet. Bei beschleunigter Bewegung werden die Drehungserscheinungen noch deutlicher. Endlich bei plötzlicher schneller Bewegung wird anfangs der gewohnte geradlinige Weg beobachtet; allmählich aber beginnt der Körper, nachdem er sich um seine Längsaxe gedreht hat, sich in einer Spirallinie fortzubewegen oder er beschreibt, nachdem er sich um seine Queraxe gedreht hat, eine Ellipse, wobei sein Rücken immer dem Centrum zugewandt ist. Schliefslich wendet sich das Tier mit dem Bauch nach oben und kommt so in eine Lage, die einer normalen Molluske ganz fremd ist. Jeder Versuch des Tieres, seine gewöhnliche Lage anzunehmen, wird von unregelmäfsigen Rotationsbewegungen begleitet, welche um eine der drei Axen vor sich gehen. Erst wenn es die Wand oder den Boden des Gefäfses berührt, gelingt es ihm allmählich, vom Tastgefühl und Gesicht geleitet, die normale Lage einzunehmen.

Eine des Sehvermögens beraubte Molluske bewegt sich langsam, aber immer regelmäfsig in gerader Linie ohne Rotationsbewegung fort. Letzterer Umstand zeigt, dafs aufser dem Gesichtssinn noch ein besonderes regulierendes Organ (un organe régulateur) existiert, welches die Richtigkeit der Bewegungen leitet. Die des Sehvermögens und der Ohrbläschen beraubten Exemplare verlieren ganz die Fähigkeit zur regelmäfsigen Fortbewegung: bald drehen sie sich während des Schwimmens, bald durcheilen sie grofse Strecken auf dem Rücken oder auf der Seite, bald endlich überschlagen sie sich.

VERTEBRATA.

Die Gleichgewichtsstörungen nach Reizung oder Verletzung der halbkreisförmigen Kanäle der Wirbeltiere.

Bei den Wirbeltieren begegnen wir besonderen Gebilden im Ohre, den sogenannten halbkreisförmigen Kanälen. Gewöhnlich sind es ihrer drei. Eine Ausnahme bilden die Myxinen, welche nur einen Kanal, und die Neunaugen, welche zwei Kanäle haben (Abbildungen s. Abschnitt über die Methoden). Nun fragt es sich, wie man jeden einzelnen Kanal benennen soll, um den Wirrwarr in der Nomenclatur bei der Analyse der physiologischen Erscheinungen zu vermeiden.

Fallopius (1561), der *zuerst* die halbkreisförmigen Kanäle beschrieben hat, gab ihnen keinen Namen, er beschrieb nur ihre Richtung, die Anfangsstelle und das Ende: „Ab hac (i. e. cavitas. Vorhof) *tres cuniculi* oriuntur et in eandem redeunt *circulares penitus.*“ Einer von ihnen, der *untere*, wendet sich, im vorderen Teile der Höhlung beginnend, nach aufsen und öffnet sich in ihre hintere Ecke. Der *andere* beginnt in der vorderen Ecke, erhebt sich, beschreibt einen Halbkreis („facto semicirculo“) und endet beinahe in der hinteren Ecke. Der *dritte* beginnt und endet in dem hinteren Teil der Höhlung.

Stenonius (1763) schreibt von den knorpeligen Fischen: „Tres circuli in cranio excavati erant, quorum unus quasi in plano situs, reliqui duo et ad se invicem et ad primum erant perpendiculares.“ — Perrault (1680) sagt: „Les Trois autres sont courbés en demi-cercle, dont j'appelle l'un *horizontal*, l'autre le *vertical conjoint* et l'autre le *vertical séparé*.

Koelreuter (1772, siehe den Überblick) nennt die Kanäle propago semicircularis antica, postica, externa sive lateralis.

Diese Namen waren schon früher gebräuchlich.

Monro (1785): Canalis externus und anterior.

Antonio Scarpa (1789) hält sich an keine bestimmte Nomenclatur. Er nennt die halbkreisförmigen Kanäle bei den Fischen — Vorder-, Hinter- und Horizontalkanal (an diese Benennungen hielt sich Brechet (1836): bei den Vögeln — grofser, kleiner und kleinster (major, minor, minimus); bei den Säugetieren und beim Menschen — oberer, unterer, äufserer oder oberer, hinterer, äufserer (an diese Benennungen hielt sich Hyrtl, 1845).

Cuvier (1800) spricht von einem vorderen, hinteren und horizontalen Kanal.

Bichat (1801): der obere vertikale durchschneidet quer das Felsenbein; der hintere vertikale liegt mit seinem Bogen in der Längsaxe des Felsenbeins; der horizontale Kanal liegt in der Horizontalebene.

Weber (1820): vorderer (anterior), hinterer (posterior), äufserer (externus). Diese Nomenclatur ist auch von Rich. Ewald (1892) angenommen.

Hier und da nannte man die Kanäle sagittal, frontal und horizontal.

Flourens (1848): der grofse vertikale (le grand canal vertical) oder der obere vertikale (vertical supérieur), der kleine vertikale (vertical inférieur) und der horizontale (canal horizontal) Kanal.

Hyrtl (1845), wie Scarpa: Canalis superior, Canalis externus und Canalis posterior.

Boettcher (1874): der innere vertikale, der äufsere vertikale und der horizontale.

Spamer (1880): Canalis verticalis longitudinalis, Canalis verticalis transversalis und Canalis horizontalis.

Schwalbe (1887) nahm eine gemischte Nomenclatur an:

Canalis semicircularis anterior s. superior (s. verticalis superior s. anterior).

Canalis semicircularis posterior s. verticalis inferior.

Canalis semicircularis externus s. horizontalis.

Eine so mannigfaltige Nomenclatur zeigt, dafs auch nicht einer von den ihnen gegebenen Namen der topographischen Lage der Kanäle für alle Tiere ohne Ausnahme entspricht. Wenn wir einen Kanal den oberen nennen, so werden wir zwei untere Kanäle haben. Wenn wir einen Kanal den vorderen nennen, so werden wir zwei hintere haben. Im Verhältnis zur Vertikalen werden wir nie von zwei vertikalen und einem horizontalen Kanal sprechen können, um so weniger,

als die Kanäle beider Seiten nie parallel zu einander laufen. Die Benennung sagittal, frontal bezieht sich nur auf den Kopf des Menschen. Zur Vermeidung von Mifsverständnissen kann man jedem Kanal zwei Benennungen geben, so wie dies von Boettcher geschehen ist. Da schliefslich nicht *eine* Benennung der wirklichen Lage der Kanäle entspricht, so werden wir der Kürze und Raumersparnis halber die halbkreisförmigen Kanäle sagittal, frontal und horizontal nennen; unter den ersten zwei Kanälen versteht man die beiden sogenannten vertikalen Kanäle, die annähernd in zwei zu einander vertikal stehenden Ebenen liegen.

Mit Y. Delage soll als Sagittalebene diejenige angesehen werden, welche, die Wirbelsäule und den Nabel von oben nach unten durchschneidend, unseren Körper in zwei symmetrische Hälften, eine rechte und eine linke, teilt. Unter Frontal- oder Coronarebene versteht man bekanntlich diejenige, welche beide Schultern und Hüftgelenke durchschneidet und unseren Körper in eine vordere und eine hintere Hälfte teilt; sie steht senkrecht, und die Schnittlinie mit der Sagittalebene bildet die Axe des Körpers. Schliefslich wird unter Transversal- oder Horizontalebene diejenige verstanden, welche perpendikulär zu den beiden ersten Ebenen und zur Körperaxe liegt. In diese Ebenen sollen auch die Kanäle der übrigen Tiere projiziert werden.

Gehen wir nun nach diesen einleitenden Worten zur Besprechung der an den halbzirkelförmigen Kanälen ausgeführten Experimente über.

Einer der Wege, auf welchem man die Funktion eines gegebenen Organs ergründen kann, besteht in der Konstatierung von Veränderungen, welche nach einer Reizung, Verletzung oder vollständigen Vernichtung des zu untersuchenden Organs auftreten. Dies kann man nun auf mechanischem, chemischem und thermischem Wege erreichen. Zunächst sollen die Erscheinungen in Betracht gezogen werden, welche nach der Wirkung von mechanischen Eingriffen auf die halbkreisförmigen Kanäle beobachtet werden. Dabei wollen wir der Klarheit wegen das Material nicht in chronologischer Reihenfolge, sondern möglichst nach der Art des unternommenen Experiments ordnen.

Die experimentellen mechanischen Eingriffe sind nun folgende:

1) Freilegung der knöchernen halbkreisförmigen Kanäle ohne ihre Verletzung.

2) Reizung des knöchernen halbkreisförmigen Kanals ohne seine Verletzung.

3) Offnung der knöchernen Kanäle ohne Verletzung der membranösen Kanäle.

4) Durchstechen des knöchernen Kanals mittels einer Nadel.

5) Entfernung der Perilymphe und Bewegung der Endolymphe, hervorgerufen durch Druck auf den membranösem Kanal mittels einer stumpfen Nadel, Papier u. dgl. oder durch Ansaugen derselben mittels Filtrierpapiers, Glaspipette etc.

6) Kompression des Kanals ohne seine Verletzung.

7) Anstechen des membranösen Kanals.

8) Längsschnitt durch den freigelegten membranösen Kanal.

9) Querschnitt durch den freigelegten membranösen Kanal.

10) Einseitige Durchschneidung des knöchernen und des membranösen Kanals.

11) Ausschneidung eines Stückes aus dem membranösen Kanal oder möglichst vollständige Entfernung eines Kanals auf einer Seite.

12) Ausschneidung von Stücken aus den membranösen Kanälen auf nur einer Seite.

13) Ausschneidung von Stücken aus den membranösen Kanälen auf beiden Seiten.

14) Ausschneidung von Stücken aus dem knöchernen Kanal.

15) Zerquetschung des Kanals.

16) Ausbrechen von Stücken aus einem oder mehreren Kanälen.

17) Regellose Zerstörung der Kanäle mit dem Meifsel.

18) Die freigelegten Bogengänge werden sondiert — Sondierungsmethode.

19) Doppelseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths (Ewald).

20) Einseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths (Ewald).

Eine einzelne *reine Reizung* ist niemals durchzuführen. So wirkt z. B. schon die einfache Freilegung der Kanäle infolge der mechanischen Insulte, Stöfse u. s. w., welche auf den Knochen einwirken, reizend auf die membranösen Gebilde. Noch andere nicht mechanische Faktoren treten hinzu, z. B. die niedrigere Temperatur der Aufsenluft, das Eindringen von Luft in die Kanäle, späterhin Ernährungsstörungen infolge der veränderten Blutzirkulation u. s. w.

Die Reizung der halbkreisförmigen Kanäle wird von Gleichgewichtsstörungen begleitet, wie wir aus einer ganzen Reihe von anormalen Bewegungen des tierischen Körpers entnehmen. Die letzteren sowie die Bewegungen nach der Verletzung einiger Abteilungen des Gehirns gehören zur Gruppe der *Zwangsbewegungen*, unter welchen man einige Arten unterscheidet:

1) Die Tiere bewegen sich nicht in der geraden Richtung, sondern im Kreise fort. [*Kreis-* oder *Manège-Bewegungen, Reitbahngang.*]

2) Das Tier dreht sich um die Längsachse seines Körpers, wobei es nach der einen oder andern Seite hin rollt. [*Rollbewegungen, Schraubenbewegungen, Walzbewegungen.*]

3) Das Tier bewegt den vorderen Teil des Körpers um den mehr oder weniger bewegten hinteren, eine Bewegung, welche an die des Uhrzeigers erinnert. Diese Bewegungen werden *Uhrzeigerbewegungen* genannt.

4) Das Tier dreht sich um die Queraxe seines Körpers [*Überschlagen* (nach vorn oder hinten)].

5) Die Bewegungen des Kopfes von einer Seite zur andern werden *Pendelbewegungen* genannt. Breuer nennt sie *Kopfnystagmus.*

6) Als Zwangsbewegungen der Augen können aufgefafst werden: das *unwillkürliche Zittern der Augen* oder *Nystagmus* und das *Schielen* oder *Strabismus.*

VERTEBRATA.

Pisces.

A. LEPTOCARDII (Acrania).

Ohne Schädelkapsel, Gehirn nur durch einen vorderen wenig angeschwollenen Abschnitt des Rückenmarks als erste Anlage bezeichnet (Claus), und ohne Herz; letzteres wird durch pulsierende Gefäfsstämme ersetzt. Zu dieser Gattung gehört auch der Amphioxus lanceolatus.

B. CYCLOSTOMI (Marsipobranchi, Rundmäuler).

Mit knorpeliger Schädelkapsel, Gehirn und Herz; ohne bulbus arteriosus, mit kreis- oder halbkreisförmigem kieferlosem Saugmund.

Fam. Myxinoidae: Myxine glutinosa.
Fam. Petromyzontidae (Neunauge): Petromyzon marinus, P. fluviatilis u. a.

C. SELACHII (Chondropterygii, Knorpelfische).

1. Holocephali (Chimären).
2. Plagiostomi (Quermäuler).
   α) Squalides (Haifisch),
   Fam. Scyllidae: Scyllium canicula.
   Fam. Cestraciontidae.
   Fam. Lamnidae.
   Fam. Carchariidae.
   Fam. Galeidae: Galeus canis, Mustelus vulgaris und laevis.
   Fam. Notidanidae.
   Fam. Spinacidae.
   Fam. Squatinidae: Squatina vulgaris.
   β) Rajides.

Ungefähr 5 Familien. Am bekanntesten sind die Fam. Torpedinidae und Rajidae.

D. GANOIDEI.

1. Chondrostei.
   Fam. Acipenseridae: Acipenser sturio, A. ruthenus (Sterlet), A. huso.
2. Crossopterygii.
3. Euganoides.
4. Amiades.

E. TELEOSTEI (Knochenfische).

1. Lophobranchii.
2. Plectognathi.
3. Physostomi.

Fam. Muraenidae (Aale): Muraena helena. M. anguilla (vulgaris).
Fam. Gymnotidae: Gymnotus electricus.
Fam. Clupeidae (Heringe): Clupea harengus, Alausa vulgaris u. a.
Fam. Mormyridae.
Fam. Esocidae (Hechte): Esox lucius u. a.
Fam. Salmonidae (Lachs): Salmo salar, Salmo fario (Forelle) u. a.
Fam. Cyprinidae (Karpfen): Cyprinus carpio, Carassius vulgaris, Tinca vulgaris u. a.
Fam. Acanthopsidae, Fam. Cyprinodontidae, Fam. Siluridae.

4. Anacanthini.
   4 Familien.
5. Acanthopteri.
   Fam. Percidae, Perca fluviatilis u. a. Fam.

F. DIPNOI.

Beobachtungen von **Anna Tomaszewicz** (1877).

T. hat zuerst Experimente über die halbkreisförmigen Kanäle der Fische (welcher? ist nicht gesagt) ausgeführt. Von den 6 operierten Fischen lebten nur zwei so lange, dafs man Beobachtungen über ihre Bewegungen anstellen konnte. Es erwies sich, dafs die zwei Fische nach der Operation ganz normal schwammen.*)

Beobachtungen **Cyons** (1878) über die Neunaugen.

Die Neunaugen besitzen nur zwei halbkreisförmige Kanäle. Wenn die Operation (Durchschneidung der Bogengänge) nur auf einer Seite ausgeführt ist, kann man bei dem Neunauge sogleich Manègebewegungen und Drehungen um die Längsaxe des Körpers beobachten. Das Neunauge schwimmt in gröfserem oder kleinerem Kreise und führt dabei oft vollständige Körperdrehungen aus. Die Drehungen während des Schwimmens sind sehr graziös, besonders wenn das Neunauge den ganzen Körper nicht auf einmal, sondern in einer langen Spirale wendet. Wird die Operation auf beiden Seiten ausgeführt, dann bleibt das Neunauge in der ersten Minute ganz ohne Bewegung. Es klammert sich nicht einmal mit der Haftscheibe an, wie es seine Gewohnheit ist, wenn es auf einer Stelle bleibt. Wenn man ein solches Neunauge sich fortzubewegen nötigt, so dreht es sich im Kreise oder um seine eigene Längsaxe. Während dieser Drehungen bleibt

*) Bezüglich der Exstirpationen kommt T. zu dem Schlufs: „Da die Versuche mit Labyrinthexstirpation viel zu wünschen übrig lassen, habe ich sie in der Arbeit nicht erwähnt".

es oft auf dem Rücken liegen: dann dreht es sich einige Zeit in dieser Lage, und nur mit Mühe nimmt es seine normale Lage auf dem Bauche ein.

Dasselbe wird beobachtet, wenn man es absichtlich auf den Rücken legt; einige Zeit schwimmt es in dieser Lage, und wenn es stehen bleibt, so sucht es mit dem dorsalen Teil der Haftscheibe sich anzuklammern, und erst nach einigen fruchtlosen Versuchen nimmt es seine normale Lage ein. Oft macht das Neunauge Manègebewegungen in der Vertikalebene; es bildet dabei gleichsam ein Rad, da der Kopf den Schwanz berührt.

Mögen die Kanäle auf nur einer oder auf beiden Seiten durchschnitten sein, die Trägheit des Neunauges vergröfsert sich infolge der Operation gewöhnlich bedeutend.

Ganze Tage bleibt es unbeweglich, mit dem Saugmund an dieselbe Stelle angeklammert, und bewegt sich nur mit Mühe unter dem Einflusse eines von aufsen kommenden Anstofses fort. Cyon beobachtete solche Neunaugen ungefähr 3 Monate, und die Störung der Bewegungen bewahrte die ganze Zeit den beschriebenen Charakter.

Wenn C. ihnen die Augen mit einer kleinen über den Kopf gezogenen Kappe bedeckte, so schwammen die Tiere oft *rückwärts* oder bewegten sich auf einer Stelle. (Hierbei ist der Umstand nicht berücksichtigt, dafs durch das Überziehen der Kappe die Tasteindrücke, die sie vermittelst der Lippen erhalten, beseitigt wurden. Welches wäre das Verhalten des Tieres bei geschlossenen Augen und unbedecktem Munde? Ref.) Neunaugen mit unverletztem Kanal bemühen sich in diesem Falle die Kappe mit dem Schwanze abzureifsen; dies gelingt ihnen auch gewöhnlich.

Cyon meint, dafs die Bewegungsstörungen „dem horizontalen und dem oberen vertikalen Kanal der übrigen Wirbeltiere entsprechen".

Die angeführten Experimente über die Fähigkeit der Neunaugen, ihre Bewegungen in nur zwei Ebenen zu regulieren, sollen ebenso wie die folgenden Beobachtungen die Annahme Cyons, dafs die halbkreisförmigen Kanäle nicht als Gehörorgan, sondern zur Orientierung im Raume dienen, bestätigen:

1. Wie bekannt, bewegen sich diese Tiere im normalen Zustand nur mit Mühe fort; um zu wandern, müssen sie sich an Schiffe oder an Schwänze anderer Fische ansaugen. Beim Schnappen wenden sie sich vorwärts oder rückwärts, nach oben oder nach unten. C. hat nie ein Neunauge gesehen, welches sich nach *rechts* oder *links* wendet oder eine diagonale Richtung auswählt. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs ihre beschränkte Beweglichkeit vom Mangel eines dritten halbkreisförmigen Kanals herrührt. Ihre einzige Schwimmflosse, die sich neben dem Schwanze befindet, beweist zur Genüge, dafs ihre Fähigkeit, sich fortzubewegen, sehr beschränkt ist.

C. meint, dafs bei den Neunaugen, die keine Schnecke besitzen, das sogen. Gehörorgan wahrscheinlich nur als Organ zur Orientierung im Raume dient.

2. „Die anatomische Lage dieser Organe ist eine für akustische Zwecke äufserst ungünstige: der sacculus ist samt den Kanälen in einem kleinen knorpeligen Kasten eingeschlossen, der nur eine Öffnung für den Nerven hat und mit einer starken Muskelschicht bedeckt ist." (Cyon irrt sich, wenn er meint, dafs die Kanäle vom sacculus ausgehen. Einen sacculus haben die Neunaugen noch nicht. Bei diesen Tieren findet man nur ein vestibulum vor (siehe Zeichnung und Beschreibung in dem Abschnitt über die Methoden). Augenscheinlich hat Cyon hinsichtlich des mikroskopischen Baues des Labyrinths seine eigenen Ansichten, da er an einer anderen Stelle meint, dafs die Otolithen im utriculus, sacculus, in den Ampullen und sogar in den Kanälen selbst enthalten sind; in den letzteren Organen hat sie bis jetzt noch niemand beschrieben. Ref.)

„Wie man sieht, ist es schwierig, ungünstigere Bedingungen für die Fortpflanzung des Schalls bis zu den Nervenenden zu finden, als die eben beschriebenen. Mir ist es in der That nie gelungen, bei den Neunaugen die geringste Reaktion auf Geräusche hervorzurufen. Sie sind sehr empfindlich gegen die Lichtstrahlen, entweichen schnell, sobald auch nur schwaches Licht ihre Augen trifft; die stärksten Geräusche dagegen sind nicht im stande, sie zum Verlassen ihres Platzes zu bewegen.“

Einwurf von **A. Robin** (1883).[181])

Neunaugen, die nur 2 Kanäle haben, bewegen sich frei nach allen möglichen Richtungen hin.

Einwurf **Steiners** (1888) gegen Cyon.

Die Unmöglichkeit, während des Schwimmens das Gleichgewicht völlig zu bewahren, mufs man beim Neunauge mit dem Mangel an paarigen Brust- und Bauchflossen in Verbindung bringen. Die Fortbewegung geschieht allein durch die Schwanzflosse, wie sich aus den Experimenten Steiners erweist, und wie dies schon Borelli bewiesen hat (1665): „Instrumentum, quo pisces natant, est eorum cauda.“ *)

Man kann alle Flossen mit Gelatine an den Körper ankleben und nur die Schwanzflosse freilassen und der Fisch wird vollständig normal schwimmen. Die paarigen Flossen braucht der Fisch, um den Körper im Wasser in einer gewissen Höhe zu erhalten: nachdem sie festgeklebt waren, sank der schwimmende Fisch infolge seiner Körperschwere auf den Grund nieder. Dieses Fallen hörte auch auf, sobald die Schwanzflosse in Thätigkeit kam. Unter gewöhnlichen Umständen schwebt der Fisch bei ruhiger Lage des Schwanzes mittels der paarigen Flossen, besonders der Brustflossen, in einer gewissen Höhe.

Es gelingt, die Richtigkeit dieser Behauptung an denjenigen Fischen nachzuweisen, welche keine paarigen Flossen haben. Die Neunaugen z. B. halten sich im Wasser nie auf einer gewissen Höhe. Bei langsamer Fortbewegung und auch beim Empor- und Niedertauchen winden sie ihren Körper die ganze Zeit wellenartig. Beim Niedertauchen hört das Neunauge am häufigsten auf, sich zu bewegen, und sinkt wie ein toter Körper auf den Grund. Beim Mangel der paarigen Flossen ist zur Gleichgewichtserhaltung eine zu grofse Muskelkraft erforderlich. Deshalb ist es verständlich, dafs die Neunaugen sich an andere Gegenstände ansaugen.

Beobachtungen **Hensens** (1880).

l. c. p. 139. Bei den Fischen werden die gleichen Störungserscheinungen wie beim Frosche beobachtet. Siehe unten.

Beobachtungen **Kiefselbachs** (1881).[182])

Ein- und beiderseitige Durchschneidungen der Kanäle bei Karpfen und Schleien (Cyprinoides — Cyprinus tinca) führten zu negativen Resultaten.

---

[181]) A. Robin. Thèse d'agrégation. 1883.

*) Joh. Alphonsi Borelli. De motu animalium. Lugduni Batavorum 1665. Editio nova Hagae Comitum 1773, p. 214.

[182]) W. Kiesselbach. Zur Funktion der halbzirkelförmigen Kanäle. Nach

Nur im Augenblick der Durchschneidung trat eine einmalige schnell vorübergehende rotierende Bewegung der beiden Augen ein. Sogleich nach der Operation war das Verhalten des Tieres völlig normal. Nach starkem Blutverlust erschienen die Karpfen träger als gewöhnlich, und, zur Bewegung gezwungen, drehten sie sich um die Längsaxe, was nach unbedeutendem Blutverlust nie geschah. Diese Bewegungsstörungen müfste man der Reizung des Kleinhirns zuschreiben.

Beobachtungen **H. Sewalls** (1883).[183])

In einigen Fällen sind nach einer Incision der Säckchen und Auswaschen der Otolithen Erscheinungen von Bewegungsstörungen kaum bemerkbar, in anderen Fällen wurden diese Manipulationen von bestimmten unzweifelhaften Anzeichen von Gleichgewichtsstörung begleitet. Die einfache Öffnung des utriculus bei den Rochen (scate) bleibt ohne Folgen; aber nach Entfernung der Otolithen wird die Neigung beobachtet, nach der *operierten* Seite hin Kreise zu beschreiben und zum Boden sich zu senken; nach beiderseitiger Entfernung der Otolithen *geht* das Tier *nach dem Grunde hin*, indem es sich bisweilen in der Vertikalebene überschlägt. Die Erscheinungen sind noch effektvoller nach dem Kratzen des Vorhofbodens mit der Spitze des Skalpells. Viel schärfer treten dieselben Störungserscheinungen bei den Haifischen hervor. Nach der einseitigen Operation taucht das Tier, nach der verwundeten Seite ablenkend, nach unten. Wenn man die Otolithen auf beiden Seiten entfernte, traten komplizierte Erscheinungen ein, die augenscheinlich aus den Bestrebungen sich zu überschlagen und sich um die Längsaxe des Körpers zu drehen, kombiniert waren, so dafs daraus eine Spiralbewegung resultierte. Dieselben Erscheinungen werden als Folgen der Zerrung („Laceration") des utriculus ohne Entfernung des Otolithen beobachtet.

Eine unvergleichlich gröfsere Anzahl von positiven Resultaten erhielt man aus den Experimenten mit dem Sacculus. Wenn man das Säckchen mit einer Schere auf einer Seite öffnete, so entstand sogleich ein heftiges Bestreben, zum Boden zu tauchen und sich um die Längsaxe nach der verletzten Seite hin zu drehen. Nach der beiderseitigen Verletzung gehen die Seitenbewegungen in eine ganze Reihe von Überschlägen über.

Das Abhängigkeitsverhältnis zwischen der mechanischen Reizung der Ampullen und dem Nystagmus ist durch die Experimente Sewalls bestätigt. Die Berührung der Nerven der Ampullen mit irgend welchem Instrumente ruft sogleich starke ruckartige Bewegungen der beiden Augen hervor. Die Reizung, besonders aber die Entfernung des Otolithen zieht den stärksten Nystagmus nach sich. Das Durchschneiden der Kanäle allein blieb ohne Folgen.

Beobachtungen **J. Steiners** (1886)[184]) 1888.

Bei dem Haifische (Scyllium canicula) wurde nach der einseitigen Exstirpation aller drei Kanäle mit ihren Ampullen durch eine Öffnung im

---

einem Vortrage gehalten im med. Verein zu Erlangen am 9. Dezember 1881. Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. XVIII, p. 152—156. 17. März 1882.

[183]) H. Senall. Experiments upon the Ears of Fishes with reference to the Function of Equilibrium. Journal of physiology IV, p. 339—349. 1883. l. c.

[184]) Is. Steiner. Über das Centralnervensystem des Haifisches und des Am-

Sagittalkanal *nie die geringste Bewegungsstörung* beobachtet. Dasselbe Resultat bekam man auch bei der beiderseitigen Exstirpation, aber nur in glücklichen Fällen, d. h. in solchen, in denen die Exstirpation sogleich gelang. Dort aber, wo man zur Entfernung der Reste gezwungen war, *in den Vorhof einzudringen und die Otolithen zu berühren*, wurden Bewegungsstörungen in der Form von Kreis- und Drehbewegungen beobachtet.

Die Sache wurde noch komplizierter, als einmal ein Haifisch (Mustelus vulgaris) nach idealer einseitiger Extraktion der Kanäle periodische Drehbewegungen auszuführen begann; so schwimmt er z. B. ungefähr 10 Minuten ganz normal, und dann führt er, sich plötzlich umkehrend, einige Drehbewegungen aus. Von der Verletzung des Gehirns konnte hier auch keine Rede sein; es wurde nur eine grofse Masse von Kalkablagerungen herausgebracht. Um dieser Zufälligkeit nicht ausgesetzt zu sein, zog STEINER jeden Kanal besonders durch eine in ihm gemachte Öffnung heraus. Es erwies sich, dafs nach dieser leichten Operation bei dem Scyllium catulus *alle Bewegungen ganz normal waren*. Jetzt bekam man immer ohne Ausnahme dasselbe positive Resultat.

Wie soll man sich diese sonderbare Erscheinung erklären?

Wenn man den Vorhof von der knorpeligen Kapsel entblöfst, ihn öffnet, dann mit einer Pinzette *den Otolithen herausnimmt* oder ihn nur auf der Stelle *hin und her bewegt, so erscheinen immer ohne Ausnahme Bewegungsstörungen in Form von Drehungen nach der verletzten Seite* (Rollbewegungen). Bei beiderseitiger Operation werden auch Drehbewegungen beobachtet, aber ihre Richtung ist nicht mehr bestimmbar. Demgemäfs verdunkelt nur die beiderseitige Operation die Regelmäfsigkeit der Erscheinungen. Dasselbe wird bei der Zerrung des Otolithen ohne die vorläufige Öffnung der Kanäle beobachtet. STEINER ging noch weiter. Er füllte nach der vollständigen Exstirpation des ganzen Labyrinths die Höhlung mit geschmolzenem Paraffin. *Erscheinungen von Bewegungsstörungen wurden dabei nie beobachtet.*

Auf diese Weise können wir jetzt, im Ohre des Haifisches experimentierend, nach Belieben Bewegungsstörungen hervorrufen oder nicht hervorrufen.

Die Haifische, bei welchen Störungen hervorgerufen waren, schwammen den folgenden Tag normal, und nur bei schnellen energischen Bewegungen begannen sie sogleich sich zu drehen.

Man mufs die Aufmerksamkeit noch auf eine wichtige Erscheinung lenken, welche sich während der Experimente zeigte. Jedesmal schlofs der Haifisch gleichzeitig mit der Bewegungsstörung plötzlich die Augenlider und zwinkerte mit den Augen, als ob er einen plötzlichen Schmerz empfände.

SCHWALBE zeigte, dafs der N. facialis bei den Haifischen kein einfacher, sondern ein gemischter Nerv ist. Der N. facialis schickt hier einen kleinen Zweig zum R. ophtalmicus superficialis, welcher auf diese Weise aus der Portio

---

phioxus lanceolatus, und über die halbzirkelförmigen Kanäle des Haifisches. Sitzungsberichte der Königl. Preufsischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 20. Mai 1886. p. 495—499. — Auch in Comptes Rendus t. CIV, p. 1116—1117. 18 avr. 1887: Sur la fonction des canaux semicirculaires (Note).

Diese vorläufigen Mitteilungen sind in dem Werke I. Steiners aufgenommen: Die Funktionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese. 2. Abteilung: Die Fische. Mit 27 Holzstichen und 1 Lithographie. Braunschweig 1888 p. 1—127.

Die Beobachtungen wurden auf der zoologischen Station zu Neapel angestellt.

facialis (P. maior Schw.) und aus der Portio trigemini (P. minor Schw.) zusammengesetzt ist. Bei jeder Zerrung des Gehörnerven während der Otolithenoperation wird zu gleicher Zeit auch der N. facialis an seinem Ursprung im Gehirn gezerrt und ruft nun die Bewegungen der Augenmuskeln hervor. Man mufs demnach die Erscheinung von Bewegungsstörungen auf Rechnung der Reizung des centralen Teils des Gehörnerven setzen. (Die weiteren Erklärungen siehe unten.)

Zu obigen Beobachtungen mufs man hinzufügen, dafs die Schlufsfolgerungen aus den Experimenten an den halbkreisförmigen Kanälen von Fischen sich kaum auf andere Tiere übertragen lassen, denn wir wissen, dafs die Bogengänge bei jenen die gröfste Entwickelung erreicht haben, während sie bei den höheren Tieren bereits einer Rückbildung unterliegen.

Beobachtungen **Loebs** (1891).*)

L. experimentierte ebenfalls an Haifischen und fand, dafs Tiere, denen man das Labyrinth beiderseits zerstört hat, desorientiert sind. Beiderseitige Acusticusdurchschneidung kommt einer Zerstörung der Otolithenapparate gleich. L. betrachtet auf Grund dieser Versuche das Ohrlabyrinth mit Ausnahme der Schnecke als ein Sinnesorgan, welches zur Wahrnehmung von Bewegung und Lage (statisches Sinnesorgan) bestimmt ist, und kommt zum Schlufs, dafs die als Gleichgewichtscentra bezeichneten Gehirnteile ihre Bedeutung für die Zwangsbewegungen und Zwangslagen lediglich dem Umstande verdanken, dafs sie Bestandteile des Hörnerven enthalten.

Beobachtungen **Kreidls** (1892).**)

K. führte seine Versuche an Haifischen (Scyllium canicula und catulus) aus. *Exstirpation der Otolithen.* (Siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden.) Beiderseitige Exstirpation mit Schonung der Bogengänge. Die Tiere zeigen alle ein ganz charakteristisches Verhalten. Schon kurze Zeit nach der Operation kann man beobachten, dafs sie zwar schwimmen, aber nicht in der normalen Weise. Man sieht nämlich ein solches Tier oft das ganze Bassin auf dem Rücken durchschwimmen; dann kehrt es wieder in die Bauchlage zurück, als ob dem Tiere das Bewufstsein von seiner Lage im Raume fehlte. Wenn die Tiere eilig vor der sie fassenden Hand fortschwimmen wollen, so geraten sie hierbei leicht abwechselnd in eine Bauch-, Rücken- oder Seitenlage. Ein ruhig in der Bauchlage liegender Fisch läfst sich mit Leichtigkeit mit einem Glasstab in die Rückenlage bringen und verharrt dann in dieser Lage oft $^1/_2$ Stunde lang. Auch spontan liegen die Fische oft auf dem Rücken. Eine Lieblingsstellung der Haifische im Bassin ist die, dafs sie mit der hinteren Körperhälfte am Boden, mit der vorderen rechtwinklig nach aufwärts gebogen an der Seitenwand gewissermafsen lehnen. — Das Verhalten dieser Fische erinnert an dasjenige der Breuerschen Frösche (siehe dort), welche nach Schrader operiert worden waren. Dieselben

---

*) J. Loeb. Über den Anteil des Hörnerven etc. Pflügers Archiv f. die ges. Physiologie Bd. 50. — Über Geotropismus bei Tieren. Pflügers Archiv Bd. 49.

**) Al. Kreidl. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. I. Mitteilung: Versuche an Fischen. Aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissensch. in Wien. Math.-naturw. Klasse; Bd. CI, Abt. III, Novbr. 1892.

waren ja auch, ins Wasser gebracht, über ihre Lage vollständig desorientiert und schwammen bald auf dem Rücken, bald auf dem Bauch.

Otolithenlose Haifische zeigen in der Regel nur dann Rollbewegungen, wenn ein oder der andere Bogengang mit verletzt ist.

Exstirpation der Bogengänge. Tiere, denen die Bogengänge zerstört wurden, schwammen im Kreise und rollten sich öfter ein; wenn sie sich beruhigt haben, verhalten sie sich normal; beim Versuch, sie auf den Rücken zu legen, führen sie sofort Rollbewegungen, Schwimmbewegungen im Kreise etc. aus. Ein Tier mit intacten Otolithen, dem die Bogengänge zerstört worden waren, benahm sich, mit Ausnahme von Rollbewegungen, normal.

KREIDL vermutet, dafs STEINER deswegen zu abweichenden Resultaten gelangt ist, weil er blofs an grofsen Exemplaren operiert und dieselben beobachtet hat, ohne sie zu reizen.

Die an und für sich trägen Tiere können unter solchen Bedingungen den Eindruck normaler hervorrufen. (Über die Rotationsversuche siehe im betreffenden Kapitel.)

VERTEBRATA.

Amphibia:

A. APODA (Gymnophiona).

B. CAUDATA (Urodela).

Fam. Tritonidae: Triton cristatus, Tr. taeniatus.
Fam. Salamandridae: Salamandra maculosa.

Beobachtungen von **R. Ewald** (1892).

Doppelseitige und einseitige Entfernung des häutigen Labyrinths von Salamandra maculosa. Keine Koordinationsstörungen.

C. BATRACHIA (Frösche)

1. Phaneroglossa.

Trommelfell von der dünnen Haut bedeckt.

a) Hylaplesiformia

Fam. Dendrophryniscidae.

Das Gehörorgan ist nicht völlig entwickelt.

Das Gehörorgan ist völlig entwickelt { Fam. Hylaeplesidae. / Fam. Hylaedactylidae.

b) Hylaeformia

Das Gehörorgan ist nicht völlig entwickelt. Fam. Microhylidae.

Das Gehörorgan ist völlig entwickelt { Fam. Phyllomedusidae. / Fam. Hylidae: Hyla arborea Cuv. / Fam. Polypedatidae.

c) Bufoniformia

Das Gehörorgan ist völlig entwickelt { Fam. Bufonidae: Bufo vulgaris, B. viridis. / Fam. Engystomidae.

Das Gehörorgan ist nicht völlig entwickelt { Fam. Rhinophrynidae. / Fam. Phryniscidae.

d) Raniformia

Das Gehörorgan ist nicht völlig entwickelt. Fam. Bombinatoridae: Bombinator igneus, Pelobates fuscus.

Das Gehörorgan ist völlig entwickelt { Fam. Alytidae: Alytes obstetricans. / Fam. Discoglossidae. / Fam. Ranidae: Rana temporaria, R. esculenta.

2. Aglossa.

Das Trommelfell *nicht* freiliegend.

Die Eustachischen Tuben enden mit einer gemeinschaftlichen Öffnung in der Schlundhöhle. { Fam. Pipidae: Pipa americana. / Fam. Dactylethridae.

Beobachtungen von **Goltz** (1870).

Nach beiderseitiger Zerstörung des Labyrinths oder Durchschneidung der Gehörnerven konnten die Frösche das Gleichgewicht auf einem geneigten Brettchen nicht bewahren, was den normalen Tieren immer gelang. Wenn die beiderseitige Zerstörung des Labyrinths nicht vollständig war, trat eine schiefe Kopfstellung ein. Solche Frösche machen Reitbahnbewegungen oder drehen sich um ihre Längsaxe.

Beobachtungen **Boettchers** (1872).

Eine vorsichtige Durchschneidung eines membranösen Kanals ruft beim Frosche keine Bewegungsstörungen hervor; woraus B. auch schliefst, dafs die halbkreisförmigen Kanäle eine direkte Beziehung zu den Gehörfunktionen haben und ein Organ zur Gleichgewichtserhaltung des Körpers nicht sind.

Beobachtungen von **Hasse** (1873).

Die Beobachtungen dieses verdienstvollen Forschers der Anatomie des Froschohrs sind besonders wertvoll. Nach der einseitigen Zerstörung der Bogengänge neigte sich der Kopf sogleich nach der Wunde hin. Beim Sprunge nach vorne bemerkte man eine Abweichung nach der Seite nebst Verlust des Gleichgewichts. Dies trat besonders scharf bei beiderseitiger Verletzung hervor, wonach die Frösche beim Springen oder Schwimmen sich überschlugen. Diese Veränderungen nebst der schiefen Kopfstellung wurden lange Zeit hindurch beobachtet.

Beobachtungen **J. Blochs** (1873).*)

Wenn man unter Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln die beiden Vertikalkanäle durchschneidet, so wird man keine bemerkbaren Gleichgewichts-

*) Obgleich BL. unter BOETTCHERs Anleitung arbeitete, bestätigt er dessen frühere Beobachtungen nicht ganz.

störungen erhalten: der Frosch wird nur ein wenig schwerfällig. Ebenso kann die Durchschneidung zweier Kanäle auf einer Seite ohne Folgen bleiben. Doch werden bisweilen anormale Bewegungen beobachtet. Der Frosch macht ungeschickte Sprünge, springt perpendikulär in die Höhe, dann fällt er auf die Seite oder auf den Rücken; beim Versuche, sich wieder auf die Füfse zu stellen, schlägt er abermals über; beim Schwimmen macht er Kreisbewegungen.

Nach der Operation bleibt der Kopf einige Zeit in gerader Stellung. Nicht selten wendet sich nach einer Stunde der Kopf nach der verletzten Seite, indem er sich um die Längsaxe dreht. Manègebewegungen werden nach der verletzten Seite hin ausgeführt. Sehr oft tritt nach dem 2.—4. Tage Verdrehen des Kopfes ein, wobei er nach der gesunden Seite gewendet ist.

Bisweilen werden die charakteristischen Erscheinungen bei Durchschneidung eines oder zweier Kanäle erst am folgenden Tag beobachtet.

Die operierten Tiere gesundeten nie, und nur ausnahmsweise blieben sie länger als 6 Wochen leben.

Die Frösche verrieten bei der Durchschneidung keine Schmerzempfindungen. Die Gleichgewichtsstörungen mufs man sogleich nach der Operation beobachten, da man die Symptome, welche nach einigen Stunden oder gegen das Ende der ersten vierundzwanzig Stunden wahrgenommen werden, auf Rechnung der nachträglichen pathologischen Veränderungen setzen mufs.

Nach der Operation macht der Frosch keine Anstrengungen, auf der geneigten Ebene in die Höhe zu klettern, sondern er sinkt vom Brettchen hinab.

Die Prüfung des Gehörs führte zu negativen Resultaten, da die gesunden und kranken Tiere auf Geräusche nicht reagierten.

Die Verletzung der Ampullen führte immer zu Bewegungsstörungen.

„Die Resultate aller von uns beschriebenen Beobachtungen resumierend, sehen wir: 1. dafs die vorsichtige Operation ohne Verletzung der Ampullen sehr oft keine Wirkung hervorbringt, aber die *Verletzung der letzteren* eine Störung der Koordination immer nach sich zieht; 2. dafs diese Störungen durchaus nicht sogleich nach der Operation einzutreten brauchen, sondern auch erst nach einiger Zeit erscheinen können; 3. dafs es hinsichtlich der Koordination gleichgültig ist, ob einer oder mehrere halbkreisförmige Kanäle durchschnitten sind.“

Beobachtungen **Cyons** und **Soluchas** (1873).

Die an Fröschen angestellten Experimente lieferten keine neuen Gesichtspunkte, bewiesen aber, dafs auch bei den Fröschen je nach dem durchschnittenen Kanal die Bewegungen verschieden sind. Als erste Folge der Durchschneidung irgend eines Paars der Kanäle erscheint die *Neigung* des Kopfes und eine Drehung desselben um die Längsaxe des Körpers wobei ein Auge *nach oben* und eins *nach unten* sieht.

Durchschneidung beider Horizontalkanäle: Nach jedem ungeschickten Sprunge fällt der Frosch etwas seitwärts und nicht direkt auf den Bauch, sondern ein wenig auf eine Seite. Nie kann er einen geraden Sprung machen. Infolgedessen beschreibt das Tier nach einigen Sprüngen fast einen ganzen Kreis. Nach jedem Sprunge nimmt er seine Stellung nicht sogleich ein, sondern dreht sich vorher zwei- bis dreimal um seine Längsaxe.

Sehr charakteristisch ist das Schwimmen des Frosches: beim Stofse eines Beines taucht er z. B. die rechte Seite des Körpers unter, während er die

linke in die Höhe hebt, beim folgenden Stofse hebt sich umgekehrt die rechte Seite über das Wasser und die linke taucht unter. So macht das Tier während des Schwimmens beständig Wackel-Bewegungen um seine Längsaxe. Manègebewegungen treten selten ein.

Durchschneidung zweier kleiner Vertikal-(Frontal-)Kanäle: Das Durchschneiden, das immer von Blutverlust begleitet ist, ruft bedeutende Bewegungsstörungen hervor. Die Sprünge sind direkt nach oben gerichtet, so dafs das Tier auf seinen alten Platz gewöhnlich zurückfällt; jeder Sprung, der stärker als der Normalsprung ist, wird *krampfhaft* ausgeführt. Meistenteils führt der Frosch beim Sprunge nach oben eine Drehbewegung um die Queraxe seines Körpers aus; dabei kommt es aber nicht zum vollständigen Überschlagen; er fällt immer auf den Rücken oder auf den Kopf (Cyon 1879). Oft schlägt er in der Luft über; schwimmt im Kreise.

Durchschneidung zweier grofsen Vertikalkanäle: Die Sprünge sind noch stärker und von Drehungen um die Queraxe begleitet. Auch hier sind die Sprünge direkt *nach oben* gerichtet. Der Frosch fällt meistenteils auf den Rücken und steht mühsam auf, indem er sich einige Male um die Längsaxe dreht.

Das Schwimmen ist erschwert. Besonders ist die Neigung der Tiere, in vertikaler Stellung zu schwimmen und Kreise zu beschreiben, bemerkbar (Manègebewegungen). Wenn sie sich während des Schwimmens um ihre Längsaxe drehen, erinnern ihre Bewegungen an Walzerbewegungen. (Aufserhalb des Wassers bewahren die Frösche ebenfalls die vertikale Stellung, indem sie sich ausschliefslich auf die Hinterbeine stützen. Cyon 1879.)

Nach der Verletzung mehrere Kanäle werden die Störungen noch stärker.

Beobachtungen **Hensens** (1880).

p. 139. Beim sitzenden Frosche sind im Ruhezustande Störungen kaum bemerkbar, oder sie drücken sich in einer Wendung des Kopfes aus, welche man nicht vorausbestimmen kann. Beim Sprung weicht das Tier von der geraden Richtung ab, und zwar bei der Durchschneidung des horizontalen Kanal nach der verletzten Seite hin und bei der des vertikalen nach oben, wobei es auf den Rücken fällt. Im ersten Falle beschreibt es während des Schwimmens Kreise, und im zweiten hält es sich aufrecht. Bei den Fischen werden gleiche Erscheinungen beobachtet.

Beobachtungen **Schraders** (1887).[185])

Die Bogengänge des Frosches wurden vom Rachen aus zerstört. Bei solchem Vorgehen ist die Verletzung des centralen Nervensystems absolut ausgeschlossen. In diesen Fällen werden nach der Entfernung der Kanäle dieselben Bewegungsstörungen wahrgenommen, die schon so oft bei den Vögeln beschrieben sind(welche, ist nicht näher angegeben). Die charakteristischen Störungen beobachtete man bei solchen Fröschen viele Monate hindurch.

---

[185]) Max Schrader. Zur Physiologie des Froschgehirns. Vorläufige Mitteilung Pflügers Archiv f. die gesam. Physiologie. Bd. 41, p. 87–88: Zur Funktion der halbzirkelförmigen Kanäle.

Beobachtungen **Breuers** (1890).

Wenn die Vernichtung des Labyrinthes beim Frosche von der Mundhöhle aus nach der Methode SCHRADERS vollständig gelungen ist (siehe Abschnitt über die Methoden), werden die Manègebewegungen nach einigen Tagen ganz unbedeutend; die Tiere schwimmen oft ganz gerade. Auf den Rücken gelegt, durchschwimmen sie in dieser Lage grofse Strecken, was gesunde Tiere nie thun. In ein Bassin geworfen, sinken die Frösche auf den Grund, und verbleiben, wenn sie auf den Rücken gefallen sind, in dieser Lage. Wenn man die Tiere auf ein Brettchen legt und dasselbe an einem Ende aufhebt, so bewegen sie sich nicht früher, als bis sie merkbar herabzugleiten beginnen; in diesem Falle ruft die Reibung der Haut reflektorische Bewegungen hervor. Senkung und Hebung des Kopfes, eine Erscheinung, welche an gesunden Tieren bei Neigung des Brettchens immer beobachtet worden ist, fällt hier ganz aus. Dieser Zustand dauert wochenlang. Aus diesem Experimente kann man den Schlufs ziehen, dafs *mit der Zerstörung des Labyrinthes die Empfindungen für die Körperlage verloren gehen.*

Beobachtungen **Gellés** (1888).[186]

Nach der beiderseitigen Entfernung des Steigbügels schwindet bei den Vögeln und Fröschen das Gehör (auf welche Weise G. diese Überzeugung gewann, ist nicht gesagt. Ref.): bei diesen Tieren erhielt man eine Gleichgewichtsstörung nach Verletzung der halbkreisförmigen Kanäle (welcher Art ist nicht angegeben).

Beobachtungen **R. Ewalds** (1892).

Beobachtungen am Frosch. (Operationsmethode nach SCHRADER siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden.) Einseitige und doppelseitige Entfernung des *ganzen* Labyrinths.

Doppelseitige Entfernung: Sofort nach der Operation sehr lebhafte und stürmische Bewegungen. „Springen schief und steil in die Höhe, überschlagen sich, verdrehen Arme und Beine und können sich, auf den Rücken gefallen, nur mit grofser Mühe wieder aufrichten“ u. s. w. Die Hinterbeine werden alternierend, nicht wie beim regelrechten Schwimmen gleichzeitig nach hinten gestofsen.

Die Frösche reagieren nicht mehr auf der Drehscheibe.

Einseitig operierte Tiere zeigen nicht die Hälfte, sondern einen kleinen Bruchteil der Störungen des doppelseitig operierten Tieres. (Schilderung von 5 Versuchen mit guten Abbildungen.)

---

[186]) GELLÉ. Fonctions des canaux semi-circulaires. Études d'otologie. p. 234 bis 255. 1888. Der gröfste Teil der Abhandlung enthält nichts Neues.

VERTEBRATA.

Reptilia.

A. PLAGIOTREMATA (Lepidosauria).
- Ophidia (Serpentes).
- Saurii (Eidechsen).

B. HYDROSAURIA (Wassereidechsen).
- Enaliosauria.
- Crocodilia.

C. CHELONIA (Schildkröten).

VERTEBRATA.

Aves.

A. CARINATAE.
1. Natatores.
2. Grallatores.
3. Gallinacei.
4. Columbinae.
5. Scansores.
6. Passeres.
7. Raptatores.

B. RATITAE.
1. Cursores.
2. Apterygia.

Die Mehrheit der Experimente ist an Tauben angestellt. Man experimentierte aufserdem an folgenden Vögeln: FLOURENS an Sperlingen, Kohlmeisen (mésanges verdiers) u. a.; BLOCH an Habichten, EWALD [187]) an Schwalben, Sperlingen, Kanarienvögeln, Raben, Hühnern und Gänsen.

1. Freilegung der knöchernen halbkreisförmigen Kanäle ohne ihre Verletzung.

Nähere Angaben über diesen Punkt finden wir bei keinem Autor. SPAMER (1880) lenkte zuerst die Aufmerksamkeit auf diese Art der Reizung. Bei den Tieren ist im ersten Augenblick, wenn man sie losläfst, Unsicherheit in den Bewegungen bemerkbar. Aber das mufs man als Folge des Verbandes betrachten. Nach einer Minute üben die Tiere ganz frei alle Bewegungen

[187]) R. EWALD. Zur Physiologie der Bogengänge. PFÜGERs Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 41 p. 463—483. 1888.

aus. Der Flug ist völlig normal. Es wurde bei der Taube nur Ungeschicklichkeit beim Niederlassen auf den Boden wahrgenommen. Zur Kontrolle beobachtete man bei allen Tieren deren Bewegungen vor Ausführung der Operation.

2. Reizung des knöchernen halbkreisförmigen Kanals ohne seine Verletzung.

Auf das Erscheinen der Bewegungsstörungen nach der Erregung des knöchernen Kanals wies zuerst Bornhardt (1875) hin. Er berührte mit dem Ende des Skalpells oder der Nadel den Kanal des Kaninchens und beobachtete eine Ablenkung der Augen nach der gesunden Seite hin. Dasselbe beobachtete Cyon (1878), indem er auf den Kanal mit einem Schwamm drückte.

3. Öffnung der knöchernen Kanäle ohne Verletzung der membranösen Bogengänge.

Eine solche Öffnung wurde am lebenden Tiere von Flourens zuerst ausgeführt. Ob er dabei irgend welche Störungen bemerkte, davon verlautet in seiner Arbeit nichts.

Berthold (1874) zeigte, dafs bei der Taube schon die Öffnung ohne gleichzeitige Verletzung des membranösen Kanals genügt, um *Schwäche der unteren Extremität* der operierten Seite zu erhalten.

Bornhardt (1875) und Cyon (1878) haben hiernach keine Erscheinungen beobachtet.

Spamer (1880). Nach der Aufbohrung irgend eines knöchernen Kanals wird ausnahmslos ein verringerter Antrieb zum Fliegen und Laufen beobachtet. Eine solche Taube kann man, im Gegensatz zu einem normalen Tier, minutenlang im Zimmer umherjagen, ohne dafs sie auffliegt. Auf einen Finger gesetzt, bewahrt sie das Gleichgewicht, strebt aber über den Arm die Schulter zu erreichen. Dieser Zustand dauert selten länger als 5 Minuten an.

Nach der Operation bleibt die Taube gewöhnlich in ruhigem Zustande auf derselben Stelle oder versteckt sich in einen Winkel. Wenn man sie zum Laufen antreibt, sieht man, wie bei der Bewegung das Bein auf der operierten Seite von Zeit zu Zeit einknickt. Aber auch diese Erscheinung geht bald vorüber. Nach 15 Minuten wird alles wieder normal.

Bei der Entblößung des Kanals in gröfserem Umfange heben sich die Erscheinungen etwas schärfer ab, besonders die Neigung, sich nach der verletzten Seite hinzuwenden.

Nach der Öffnung einiger Kanäle hintereinander ist die Neigung des Tieres zur Unthätigkeit deutlicher ausgeprägt: von jeder beliebigen Stelle sucht es einen Winkel zu gewinnen; fliegt vom Finger nicht fort; in die Luft geworfen, setzt es sich direkt auf den Boden, dabei oft etwas ungeschickt. Die ganze Zeit über wendet es sich mit Vorliebe nach der verwundeten Seite hin.

Öffnet man die Kanäle in Zwischenräumen von 5—15 Minuten, so zeigt die Taube Unlust, sich vom Boden zu erheben.

Rich. Ewald (1892) l. c. Kap. XII S. 255. Die mechanischen Reizungen. Der pneumatische Hammer. (Siehe d. Original.)

4. Durchbohren des knöchernen Kanals mit einer Nadel.

Das Durchbohren des knöchernen Kanals mittels einer Nadel wurde zuerst von Breuer (1875) vorgenommen. Dank dieser Methode konnte man den tief-

liegenden Sagittalkanal der Vögel ohne Blutverlust verletzen. Um die Öffnung wiederfinden zu können, benutzte Br. zum Stechen eine an ihrer Spitze rauchgeschwärzte Nadel. Dieses Verfahren ist, wie Breuer zeigte, der vorsichtigen Durchschneidung, deren Erscheinungen weiter unten geschildert sind, gleichwertig. Jeder Stich rief eine Kopfbewegung in der Ebene des verletzten Kanals hervor.

Als Breuer die Experimente (1888) wiederholte, wandte er dasselbe Verfahren an. Rein gelingt der Versuch nur dann, wenn die knöchernen Kanäle sorgfältig freigelegt werden, wozu Äthernarkose und die Lupe erforderlich sind (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden).

5. Entfernung der Perilymphe und Bewegung der Endolymphe, hervorgerufen durch Druck auf den membranösen Kanal mittels einer stumpfen Nadel, Papier u. s. w.

Schon bei der Öffnung des knöchernen Kanals an und für sich fliefsen mehr oder weniger grofse Quantitäten Perilymphe ab. Breuer (1875) entfernte die Perilymphe durch Ansaugen mit Fliefspapier oder mit einer Pipette und erzeugte durch Druck auf die Wände des entblöfsten membranösen Kanals Bewegungen der Endolymphe. Diese Experimente wurden von Breuer angestellt, um einen Beweis für das Strömen der Lymphe zu erbringen. Unabhängig von ihm, annähernd zur selben Zeit waren analoge Experimente von Bornhardt (1875) ausgeführt worden.

Beobachtungen **Breuers** (1874).

Um die Frage zu beantworten, ob die Nerven der Ampullen beide Strömungen der Lymphe aufnehmen, die aus dem utriculus in die Ampullen und umgekehrt, wurde bei der Taube in tiefer Narkose der membranöse Kanal vorsichtig entblöfst. Beim Druck auf den Kanal erhielt man eine Drehung des Kopfes. Zur Erzielung einer inversen Strömung wurde die Endolymphe mittels einer ganz dünnen Kanüle angesogen, dieselbe verstopfte sich indessen durch das geronnene Blut aufserordentlich schnell und flog bei den stürmischen Kopfbewegungen leicht heraus. Man kann demnach die einige Male aufgetretenen Bewegungen auch für zufällige Erscheinungen halten.

Man mufste dieserhalb zu Experimenten seine Zuflucht nehmen, welche in technischer Hinsicht leichter ausführbar sind. Breuer stiefs während der Narkose eine Nähnadel in den Horizontalkanal ein; dieselbe flog sogleich bei der ersten Bewegung des Kopfes heraus; hiernach trat ein Pendeln des Kopfes (n. Breuer Nystagmus) nach der verletzten Seite hin ein. In diesem Falle fliefst die Endolymphe aus dem utriculus in die Ampullen, in den halbkreisförmigen Kanal und zur kleinen Wunde heraus. Diese Bewegung der Endolymphe bedingt die Vorstellung von einer Kopfbewegung nach der entgegengesetzten Seite, nach der des normalen Ohres. Deshalb traten kompensierende Bewegungen nach der verletzten Seite, mit anderen Worten, nach der Seite der Lymphströmung ein. Einige Male konnte man beobachten, dafs das mehrmals wiederholte Einstechen und Herausziehen der Nadel aus ein und derselben Öffnung eine Kopfbewegung nach der gesunden Seite hervorrief. In anderen Fällen gelang der Versuch nicht.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Der *linke* membranöse Horizontalkanal einer Taube wird vor der Kreuzungsstelle durch flaches Abtragen der oberen knöchernen Wand entblöfst. In der kleinen Öffnung erblickt man den unverletzten membranösen Bogengang.

a. Vertikal zur Öffnung wird mit einer Pipette Luft auf dieselbe geblasen. Der Kopf bewegt sich horizontal nach *rechts*. Der Luftstrom wird nun über die Öffnung vorbeigetrieben, so dafs eine Aspiration der Flüssigkeit erfolgt. Der Kopf bewegt sich nach *links*. — Bläst man nicht auf die scharf begrenzte Stelle der Öffnung, sondern auf den ganzen entblöfsten Teil überhaupt, so beobachtet man immer eine Frontalbewegung nach *rechts*. Dies Verfahren ist deswegen beim Experimentieren nicht besonders zuverlässig.

b. An die Öffnung ist ein Stückchen Fliefspapier gelegt. Im Augenblick der Berührung wendet sich der Kopf nach *rechts*. Je mehr Flüssigkeit das Fliefspapier aufsaugt, um so stärker wendet sich der Kopf nach *links*, wobei er eine Reihe von ruckweisen Bewegungen ausführt.

c. Die Berührung mit geleimtem Papier ruft eine Wendung nach *rechts* hervor.

d. Die Taube ist gegen Rotationen in der Horizontalebene sehr empfindlich, so dafs sehr bald alle Erscheinungen des Drehschwindels eintreten (Kopfwendung und Nystagmus nach der Drehungsseite): bei der gesunden Taube stellen sich dieselben erst nach längerer Drehungsdauer ein. Die Fortsetzung der Rotation verstärkt den Schwindel nur wenig.

Freilegung des *linken* membranösen Horizontalkanals vor der Kreuzungsstelle.

a. Horizontale Rotation von kurzer Dauer ruft keinen Kopfschwindel hervor.

b. Berührung mit Fliefspapier ruft eine Wendung nach *rechts* hervor.

c. Der Kanal wird mit einer Nadel angestochen. Der nach vorne gewandte Kopf macht einige Sekunden lang pendelartige Schwingungen.

d. Nach einigen Versuchen wird trotz schneller Kopfwendungen nach rechts die Lymphe mit Filtrierpapier aufgesogen. Hiernach folgt eine saccadierte, ruckweise Bewegung nach *links*.

e. Bei einer kurz währenden Drehung bis zu 90 Grad erscheint kein Schwindel.

f. Darauf wird auch ohne Ansaugen der Lymphe eine spontane langsame Kopfbewegung nach *links* und schnelle Rückkehr zur Mittellinie beobachtet.

Ohne Narkose. Freilegung des *linken* membranösen Frontalkanals über der Kreuzungsstelle ohne jede Reaktion.

a. Es wird ein Luftstrom dreimal auf die gemachte Öffnung gerichtet. Man beobachtet jedesmal Schliefsen der Augen und mäfsiges pendelartiges Schwingen des Kopfes aus der Mittelstellung nach *links hinten*. Während der Pausen flattert die Taube und strebt fortzufliegen. Da in diesem Falle das Luftblasen ganz entgegengesetzte Erscheinungen als beim geschlossenen Kanal hervorruft, so mufs man das erhaltene Resultat auf Rechnung der Luftströmung setzen.

b. Eine Nadel wird in den Frontalkanal unter der Kreuzungsstelle gestofsen: Lebhaftes Pendeln mit nach rechts und vorne verdrehtem Kopfe.

c. Nochmaliges Blasen gegen dieselbe Stelle. Zunächst schnelle Wendung nach *rechts vorne* und langsame Rückkehr nach *links hinten*. Beim Wiederholen des Versuchs keine Reaktion.

Aus den angeführten Experimenten kann man folgenden Schlufs ziehen: Druckerhöhung in einem Kanal zieht bei den Tauben eine Kopfdrehung in der Ebene des betreffenden Kanals, und zwar in der Richtung vom Gange gegen die Ampulle zu, nach sich, also:

am horizontalen nach der entgegengesetzten Seite, *horizontal:*
am frontalen nach der verletzten Seite und nach *hinten:*
am sagittalen nach der verletzten Seite und nach *vorne.*

Es gelang, obwohl sehr selten, durch Ansaugen der Endo-(Peri-)lymphe des horizontalen Kanals durch die geschaffene Öffnung eine Kopfwendung nach der entgegengesetzten Seite zu beobachten (die operativen Details siehe im Abschnitt über die Methoden).

Stärkere Insultierung eines häutigen Kanals (Stechen mit der Nadel etc.) ruft Bewegung des Kopfes in der Ebene des verletzten Ganges, aber nach der anderen Seite hervor.*)

Beobachtung **Bornhardts** (1875).

1. Nach Eröffnung des linken horizontalen knöchernen halbkreisförmigen Kanals sind keine Erscheinungen bemerkbar.

2. Bei leichter Berührung des membranösen Kanals mit einer Nadelspitze wandte sich jedesmal der Kopf energisch nach *rechts* und kehrte dann wieder zur Mittellinie zurück. Bei *stärkerer* Reizung desselben wich der Kopf energisch nach *rechts* und verblieb unter kaum bemerkbaren Schwingungen ungefähr 5 Sekunden in dieser Lage; dann nahm er wieder die normale Stellung ein.

3. Beim Versuch, den membranösen Kanal mit einem Haken *in die Höhe zu heben*, trat eine starke Kontraktion der Muskeln der rechten Halsseite ein; sobald man den Kopf der Taube aus den Händen liefs, wich er energisch nach *rechts* und führte, indem er einen 1 Zoll langen Bogen beschrieb, rasche Schwingungen nach *rechts* aus.

Das Versuchstier war während dieser ganzen Zeit in einem Handtuch eingewickelt.

1. Nach der Öffnung des linken frontalen (hinteren vertikalen) knöchernen halbkreisförmigen Kanals sind keine Erscheinungen bemerkbar.

2. *Bei leichter Berührung* des membranösen Kanals mit einer Nadelspitze dreht sich jedesmal der Kopf energisch um seine Queraxe nach *unten*, so dafs sein Schnabel nach *hinten oben rechts* sieht; nach zwei, drei Sekunden nimmt der Kopf die Normallage ein. Bei stärkerer Reizung des Kanals drehte sich der Kopf nach unten und verblieb unter kaum merkbaren Schwingungen ungefähr 5 Sekunden in dieser Lage; dann nahm er die normale Stellung ein.

3. Beim Versuche, den membranösen Kanal mit einem Haken *in die Höhe zu heben*, trat eine starke Kontraktion der Muskeln am vorderen Halsteile der Wirbelsäule ein; sobald der Kopf aus den Händen gelassen wurde,

*) l. c. p. 106. „Unter den hierhergehörigen Versuchen sind die reinsten jene, bei welchen die häutigen Kanäle intakt blofsgelegt und dann etwa mit nicht verletzender Spitze, spitzen Papierschnitzelchen, weichen Borsten u. dgl. berührt werden. Durch den hierbei ausgeübten leisen Druck wird aus dem Kanal Endolymphe nach beiden Seiten in den Utriculus gedrängt, wo sie gröfseren Raum und Abflufs findet; da nur am Ampullarende des Kanals, nicht auch am anderen ein Nervenapparat sich befindet, so kommt nur die Strömung aus dem Kanal durch die Ampulle in den Utriculus für uns in Betracht."

krümmte er sich energisch nach *unten* und *rechts*, wo er schwingende Bewegungen von $^1/_2$ Zoll machte.

Bornhardt bemerkte noch, *dafs nach 5—10 Reizungen, die durch den Druck einer stumpfen Nadel auf den membranösen Kanal hervorgebracht wurden, bei dem Tier Spuren jener anormalen Bewegungen auftraten, welche der Durchschneidung folgen; aber in diesem Falle verschwanden diese schwachen Bewegungsstörungen* bald. Die nachfolgenden Bewegungen wurden in einer Richtung ausgeführt, entgegengesetzt derjenigen, in welcher sich der Kopf während der Reizung mit der Nadel bewegte. Bei der Reizung des *linken* Horizontalkanals mit der Nadel drehte sich der Kopf in der Horizontalebene nach *rechts*; läfst man aber die Taube nach 5—10 solcher Reize auf den Boden nieder, so geht sie, wobei der Kopf und bisweilen auch der Rumpf sich nach links wendet. Nach ungefähr 10 Minuten verschwinden diese Erscheinungen gewöhnlich. Erzeugt man wiederum mit der Nadel einen Reiz des linken Horizontalkanals, so treten wieder Drehungen und Pendelbewegungen des Kopfes nach rechts auf, und, wenn man dann nach einigen Reizungen die Taube auf den Boden niederläfst, so erscheinen die Wendungen nach links noch deutlicher. *Je länger der Kanal gereizt wurde, um so schwächer war die Kopfdrehung nach rechts, und desto deutlicher erschienen beim Gehen die Bewegungsstörungen, die der Durchschneidung eigen sind.*

Einwand von **Anna Tomaszewicz** (1877) gegen *Breuer*.

Stellen wir uns vor, dafs wir es nicht mit einer Taube, sondern mit einem Menschen zu thun haben. Bei jedem plötzlichen Schmerzgefühl von links hätte er den Kopf nach rechts gewendet. Als Breuer die Luft nicht direkt auf den Kanal richtete, machte die Taube, weil sie dieselbe an den Wundrändern fühlte, eine Drehung nach rechts und strebte den gesunden Teil des Körpers darzubieten. Aufserdem weist auch Breuer selbst auf die Unrichtigkeit dieses Verfahrens hin.

Ebensowenig beweisend sind die Experimente mit dem Fliefspapier. Die erste Bewegung mufs man infolge des Schmerzes für eine unwillkürliche ansehen, die zweite bezweckt, den Erreger aus der Wunde zu entfernen. Bei anderen Experimenten meint Br., dafs man die Kanäle mit einer rauchgeschwärzten Nadel anstechen, die Peri- und Endolymphe herausfliefsen lassen und dadurch Bewegungen der Lymphe in geringerem Grade hervorbringen kann? Aber nach dem Stich fällt der Kanal, wie das Br. selbst zugesteht, zusammen. Dabei kann man doch nicht zugeben, dafs die Härchen der Ampullennerven Bewegungen in bestimmten Richtungen hervorbringen und bestimmte Bewegungsstörungen bewirken? Nichtsdestoweniger geschehen die Kopfbewegungen nach wie vor. Wenn man berücksichtigt, dafs Breuer gar nicht angiebt, in wieviel Fällen ihm das Experiment nicht gelang, so mufs man notwendigerweise seinen Behauptungen gegenüber sich skeptisch verhalten: „kurz wenn Br. berichtet, durch seine Manipulationen Endolymphströmungen erzeugt und darauf Kopfbewegungen gesehen zu haben, so glaube ich von dieser Behauptung die Hälfte, aber nur die letztere.“

Die von T. hier ausgesprochene Ansicht kann man durchaus nicht als objektiv ansehen, da sie selbst die Experimente Breuers nicht wiederholt hat.

Beobachtungen **Cyons** (1878).

Um das Verhältnis zwischen den Bewegungsstörungen und den Bewegungen der Perilymphe zu bestimmen, mufs man den knöchernen Kanal

in möglichst grofser Ausdehnung vorsichtig öffnen; hierbei fliefst die Perilymphe aus und wird durch Luft ersetzt.

Schneller kann man die Perilymphe durch Ansaugen mittels eines kleinen Schwammes oder eines Stückes Fliefspapier entfernen. Es ist klar, dafs in jedem Falle das ganz unregelmäfsige Herausfliefsen der Perilymphe Veränderungen in dem inneren Druck der so dünnen und leicht dehnbaren membranösen Kanäle hervorbringen mufs. Indessen gaben diese unzählige Male wiederholten Experimente CYON stets ein und dasselbe Resultat: nicht eine von den von FLOURENS beschriebenen Erscheinungen zeigte sich sogleich nach dem Herausfliefsen der Flüssigkeit.

Erst mehrere Tage später, wenn eine Entzündung der benachbarten Gewebe eintritt, und Blut und Eiter in die offenen Kanäle einzudringen beginnen, beobachtet man einige dieser Erscheinungen. Man kann aber letzterem vorbeugen, wenn man bei diesen Versuchen statt der breiten Eröffnung der knöchernen Kanäle nur zwei kleine Öffnungen in denselben anlegt, um die Perilymphe herausfliefsen zu lassen, und dann die Öffnungen verschliefst

Ein anderes zu diesem Zweck von C. gemachtes Experiment gab, seiner Ansicht nach, noch sicherer dasselbe Resultat. Anstatt die knöchernen Kanäle selbst zu öffnen, hob er mit einer feinen Pinzette vorsichtig die knöcherne Platte ab, die den unteren inneren Vorhofswinkel deckt, welcher durch Kreuzung des horizontalen mit dem hinteren vertikalen Kanal gebildet wird. Dann öffnete er mit einer Nadel das Säckchen oder den utriculus. Dabei fliefst die Peri- und Endolymphe sehr reichlich heraus; wenn man dann in den knöchernen Kanal ein kleines Loch macht, so kann man sich leicht davon überzeugen, dafs der membranöse Kanal zusammengefallen ist.

In diesem Fall hat sich bei der Entleerung der Kanäle der innere Druck in ihnen bedeutend verringert; wären nun die Hypothesen von GOLTZ und MACH begründet, so ist es klar, dafs FLOURENS' Erscheinungen sich dabei in ungewöhnlicher Stärke zeigen müfsten. Doch nicht eine dieser Erscheinungen zeigt sich.

In anderen Fällen entfernte CYON die Perilymphe aus dem knöchernen Kanal und ersetzte dieselbe durch irgend eine andere Flüssigkeit, die beim Erkalten hart wird. Er wählte hierzu eine warme Gelatinelösung. Es ist ziemlich schwierig, dieselbe durch die Öffnung im knöchernen Kanale zu injizieren; sie fliefst gewöhnlich zwischen den Rändern der Öffnung und der Spritze vorbei und gelangt nur in sehr kleiner Quantität in den Kanal. Anderseits mufs man bei diesen Injektionen zu heifse Lösungen vermeiden, da die membranösen Kanäle gegen hohe Temperaturen sehr empfindlich sind. Aufserdem sieht man sich häufig gezwungen, die Injektion zu unterbrechen, weil die Flüssigkeit erstarrt.

Ungeachtet dieser Schwierigkeiten gelang es C. in einigen Fällen, seinen Angaben nach, ziemlich glückliche Injektionen zu machen und so die membranösen Kanäle mit einer harten Form zu umkleiden. *Die auf solche Weise erzeugte Unbeweglichkeit dieser membranösen Gebilde ruft nicht eine der Flourens'schen Erscheinungen hervor.*

Dagegen genügte es schon, leicht in den membranösen Kanal zu stechen, um sofort eine charakteristische Kopfbewegung hervorzurufen. Die Durchschneidung der unbeweglichen halbkreisförmigen Kanäle rief alle oben beschriebenen Gleichgewichts- und Bewegungsstörungen hervor.

Hier kann man also keine Schwankung des inneren Druckes in den membranösen Kanälen, welche ganz unbeweglich geworden sind, annehmen, da jede Schwankung des Druckes eine Möglichkeit der Dehnung des Kanals an dieser oder jener Stelle voraussetzt. Die künstliche harte Kruste, welche

diese Kanäle umgibt, macht eine derartige Dehnung unmöglich. (Hat sich CYON auch mikroskopisch davon überzeugt, dafs die Gelatine in der That den ganzen Raum der Perilymphe ausfüllte? Ref.)

Bei anderen Experimenten führte C. feine Stäbchen von Laminaria in den knöchernen Kanal ein, indem er dabei die Verletzung der membranösen Kanäle sorgfältig zu vermeiden suchte. Die quellenden Stäbchen pressen die Kanäle sehr stark. Da dieses Quellen jedoch ganz allmählich geschieht, so zeigt sich in den ersten Tagen nach der Operation nicht eine der FLOURENS-schen Erscheinungen. Es kommt ja nur darauf an, den auf diese Weise gepreſsten Kanal zu durchschneiden, um sofort diese Erscheinungen hervorzurufen.

Diese Thatsache macht es a priori äufserst unwahrscheinlich, dafs die in den Kanälen enthaltene Flüssigkeit die Rolle spielt, welche ihr GOLTZ zuschrieb. Wenn man in dem knöchernen Kanale eine kleine Öffnung macht, ohne die Perilymphe herausfliefsen zu lassen, so kann man unter gewissen Beleuchtungsbedingungen dieselbe synchron der Herzkontraktion pulsieren sehen. Diese Pulsationen können doppelter Herkunft sein: 1) von der Pulsation der kleinen Arterie herrühren, die in den Wänden des membranösen Kanals liegt; in diesem Falle tragen diese Pulsationen denselben Charakter wie die, welche man bei der Eröffnung des Schädels am Gehirn beobachtet; 2) die Pulsationen können von denen des Gehirns herstammen. SCHWALBE und WEBER haben bewiesen, dafs die Flüssigkeit, die in dem System der halbkreisförmigen Kanäle enthalten ist, durch den Aquädukt mit der Cerebrospinalflüssigkeit kommuniziert. Nimmt man aber an, dafs die Membran des runden Fensters genügend elastisch ist, um Bewegungen der Lymphe zu gestatten, welche zur Reizung des Nerven stark genug sind, so wird es klar, dafs sie auch bei geschlossenen knöchernen Kanälen diese Pulsationen nicht verhindern wird.

Wenn wir uns zu MACHS Hypothese bekennen, müfsten wir folglich beständig rhythmische Erregungen an den Nervenenden der Ampullen haben.

Aus allem bisher Gesagten folgt durchaus nicht, dafs das Vorhandensein der Endolymphe zur Funktion des halbkreisförmigen Kanals nicht notwendig sei. Die dargelegten Experimente beweisen nur, dafs die Ursache der Erregung der halbkreisförmigen Kanäle in den Druckschwankungen dieser Flüssigkeit nicht zu suchen ist.

Zwar ist es schwer, über Experimente anderer eine Kritik auszuüben, ohne sie selbst geprüft zu haben. Dennoch möchte Verfasser bemerken, dafs jede Injektion von einer Druckerhöhung begleitet wird. Es ist höchst sonderbar, dafs es gelang (mikroskopisch ist es doch nicht bestätigt?!), den membranösen Kanal ohne jegliche Anzeichen von Gleichgewichtsstörungen mit Gelatine zu umkleiden.

Einwand **Ewalds** (1889)[188]) gegen *Cyon*.

CYON beobachtete durch eine Öffnung im knöchernen Kanal eine Pulsation der Perilymphe, welche seiner Meinung nach durch die Pulsation der Blutgefäfse des membranösen Kanals bedingt ist. E. bestätigte diese Beobachtung, indem er sich der Lupe bediente; aber er ist mit der Erklärung CYONS nicht

[188]) R. EWALD. Zur Physiologie der Bogengänge. Fortsetzung: Über Bewegung der Perilymphe. PFLÜGERS Archiv f. die gesam. Physiologie. Bd. 44. p. 319 bis 326. 1889.

einverstanden. Bisweilen waren diese Pulsationen isochron der Atmung. Bei aufmerksamer Untersuchung erwies sich, dafs diese Bewegungen der Perilymphe mit denen des Unterkiefers zusammenfallen. E. stellte bei toten und lebenden Tauben passive Bewegungen des Unterkiefers an und konnte dadurch nach belieben das Niveau der Perilymphe erhöhen oder erniedrigen. Schlofs er den Schnabel des Tieres, dann hörten sofort diese Erscheinungen auf.

Die Fortpflanzung der Bewegungen des Unterkiefers auf die Perilymphe geschieht mittels der Columella, da nach ihrer Entfernung oder ihrer Durchschneidung die Bewegungen ausfallen. Eine Zerstörung des Trommelfells *schwächt nur* die Bewegungen der Perilymphe ab. Die Durchschneidung der Columella im Innern der Paukenhöhle kann man mittels der MAC DUVALschen Schere ausführen, wenn man dieselbe durch das Trommelfell durchführt.

Nun mufs man den Einflufs der Bewegungen des Kiefers auf das Gehör bestimmen. Man darf nicht etwa meinen, dafs die Bewegungen des Schnabels Empfindung von Geräusch oder Ton hervorriefen, da die Zahl der Perilymphschwingungen dafür zu unbedeutend ist. Dagegen läfst sich annehmen, dafs bei stark geöffnetem Schnabel das Gehör beim Tiere auf kurze Zeit herabgesetzt wird. Eine analoge Erscheinung kann man auch an unserem Ohre konstatieren. Nicht vielen ist es bekannt, dafs wir während des Gähnens für einen Augenblick schwerhörig und sogar ganz taub werden, so dafs wir im Gespräche oft ein oder zwei Worte überhören. Es ist auch bekannt, dafs einige Vögel, z. B. der Auerhahn, während des Balzgesanges ganz taub wird, da er dabei den Schnabel sehr weit öffnet.*)

6. Kompression des Kanals, ohne ihn zu verletzen.

Eine solche Kompression des membranösen Kanals wurde zuerst von CYON mittels feiner Laminariastifte ausgeführt. Infolge der langsamen Kompression erhielt man nicht eine der FLOURENSschen Erscheinungen. Danach würden die Schwankungen der Lymphe in der Gleichgewichtserhaltung keine Rolle spielen.

Eine Kompression der membranösen Bogengänge erreichte auch EWALD durch Einführung einer Zahnplombe zwischen membranösem und knöchernem Kanal. Auf diesem Wege gelang es ihm, die sekundären Folgeerscheinungen der Entzündung nach der Durchschneidung der Kanäle auf ein Minimum herabzusetzen.

Experimente **R. Ewalds** (1888).[189])

Die Reihe der sekundären Erscheinungen bei der Verletzung der halbkreisförmigen Kanäle erklärt E. wie andere durch das Ausfliefsen der Lymphe und die Ausbreitung der Entzündung auf die tieferliegenden Teile. Um das Herausfliefsen der Endo- und Perilymphe zu vermeiden, plombierte er den knöchernen Kanal, nachdem er eine Öffnung in demselben angelegt hatte. Durch das Hineinstofsen der Masse wurde der membranöse Kanal komprimiert, und so die Kommunikation zwischen den beiden Segmenten aufgehoben. Auf diese Weise kann man alle Kanäle plombieren und auch

*) RICH. EWALD (1892) l. c. Siehe d. Original: Kap. X.

A. Das Präparat der Brücke.

B. Über künstlich erzeugte Strömungen der Bogenflüssigkeiten.

Das Ansetzen eines Gummischlauches an einen Bogengang. Die wandständige Verbindung des Gummischlauches mit dem knöchernen Labyrinth.

[189]) RICHARD EWALD. Zur Physiologie der Bogengänge. Tageblatt der 61. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Köln vom 18. bis 23. Sept. 1888. Köln 1889. p. 74—76.

die ganze Höhlung der knöchernen Kapsel ausfüllen, wenn man das membranöse Labyrinth entfernt (die Technik des Plombierens siehe im Abschnitt über die Experimentalmethoden). Die Plombierung wirkt ebenso wie eine sorgfältige Durchschneidung des Kanals. Bei diesem Verfahren sind Störungserscheinungen nur weniger ausgeprägt. Nach dem Plombieren werden die sekundären Symptome nie beobachtet.

Bei der Taube werden die horizontalen und frontalen Kanäle plombiert und darauf durchschnitten. 10 Tage später ist folgendes zu konstatieren: Typische Erscheinungen wie nach der beiderseitigen Durchschneidung, aber viel schwächer ausgeprägt. Der Kopf ist in der Horizontalebene beweglicher als beim gesunden Tiere.

Unmittelbar nach der Operation treten keine pendelartigen Kopfbewegungen auf. Das Flugvermögen ist stark herabgesetzt. Die Taube kann noch von der Rücklehne des Stuhles auf den Boden herabfliegen, und ist der Flug hierbei ohne jegliche scharf hervortretende Abnormitäten; nur breitet sie beim Niederlassen die Flügel stärker aus als gewöhnlich. Das Wichtigste bei diesem Experimente ist das vollständige Fehlen sekundärer Symptome.

7. Anstechen des membranösen Kanals.

Flourens entblöfste zuerst (1828) den membranösen Kanal und reizte ihn dann durch Stiche. Dabei erhielt er dieselben Erscheinungen wie nach der Durchschneidung des Kanals (siehe unten).

Dieses Verfahren benutzten Breuer (s. S. 217, 218), Bornhardt und Cyon.

8. Längsschnitt durch den freigelegten membranösen Kanal.

Beobachtungen **Spamers** (1880).

a. Bei kleinen mit dem Skalpell ausgeführten länglichen Längseinschnitten wird vor allem Unlust zum Fliegen wahrgenommen, wie überhaupt nach Verletzung eines jeden Kanals. Bisweilen fliegen die Vögel, wenn man sie antreibt, auf, aber ihr Flug ist schwerfällig und nicht so andauernd; sehr bald lassen sie sich ungeschickt auf den Boden nieder. Das Laufen ist normal.

In der Minderzahl der Fälle jedoch drehen sich die Tiere sogleich nach der Verwundung beim Laufen mit Vorliebe nach der verwundeten Seite um. Auf dem Finger sitzend, bewahren sie völlig das Gleichgewicht, welches im allgemeinen nur nach sehr schweren Verletzungen verloren geht. Beim Balancieren benutzen die Tiere Füfse und Flügel.

b. Nach ausgedehnteren Längsschnitten durch einen Kanal treten die Störungen schon schärfer hervor. Die Vögel können nicht mehr so hoch fliegen wie bisher: die Bewegungen während des Fluges sind unsicher, so dafs sie in den ersten Minuten nach vorne oder zu einer Seite überstürzen. Nach 5—10 Minuten treten alle Störungen nicht mehr so stark hervor.

Nach einem Längseinschnitt in den andern Kanal kann das Tier sich nicht höher als $^5/_4$ m erheben; während des Laufens benutzt es die Flügel.

Nach dem Längsschnitt durch den dritten Kanal bewegte sich die Taube während des Laufens, nach allen Seiten taumelnd, kaum vorwärts. Nach einigen Minuten konnte sie schon erträglich laufen und sich bis zu einer Höhe von $^5/_4$ m erheben. Die frühere Geschicklichkeit in den Bewegungen erwarben die Tiere nie mehr.

9. Querschnitt durch den freigelegten membranösen Kanal der Taube

und

10. Einseitige Durchschneidung des knöchernen und des membranösen Kanals der Taube ohne Blutverlust.

Verfasser hat sich bemüht, hier nur die reinen Fälle zu sammeln, d. h. solche, bei denen kein starker Blutverlust, Verletzung der Aquäducte und dgl. vorlag. Aus dieser Zusammenstellung der von verschiedenen Forschern angestellten Experimente ersieht man, inwieweit die meisten Beobachtungen unvollständig und nicht nach einem bestimmten Plane ausgeführt sind. Besonders selten sind die Experimente über den Sagittalkanal, der für die operativen Manipulationen am schwersten erreichbar ist.

Canalis semicircularis horizontalis sinister.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

P. Flourens (1824, 1828, 1842, 1861).

Eine leichte kurzwährende horizontale Bewegung von *rechts nach links* und von *links nach rechts*. Die Durchschneidung war von heftigem Schmerz begleitet (d'une douleur aiguë).

Harless (1853).

Stimmt mit Flourens überein. Ob er seine Experimente systematisch durchgeführt hat, kann man aus den wenigen Zeilen, die er in seiner Abhandlung den halbkreisförmigen Kanälen widmet, nicht entnehmen.

Brown-Séquard (1860) wie Flourens.

Czermak (1860).

Er sah, dafs nach der Durchschneidung der Kanäle Störungen auftreten. Systematisch hat er Flourens' Experimente nicht wiederholt.

Vulpian (1866). Die Kanäle wurden bisweilen aufgebrochen.

Sah Bewegungsstörungen.

Goltz (1869, 1870).

Er nimmt die experimentellen Resultate Flourens' auf guten Glauben hin an. Selbst wandte er ein unerlaubtes operatives Verfahren an, indem er die knöchernen Kanäle mit einem Meifsel zerstörte und herausbrach. Goltz beschäftigte sich überhaupt mehr mit der Erklärung der Erscheinungen.

Löwenberg (1870—73).

Stimmt in allem mit Flourens überein, ohne seine Experimente systematisch wiederholt zu haben. Beschäftigte sich gleichfalls mehr mit der Erklärung der Erscheinungen.

Schklarewsky (1872).

Die Störungserscheinungen sind nicht von der Verletzung der Kanäle, sondern von einer Verletzung der cavitas mesootica bedingt.

Bloch (1873).

B. scheint bei seinen Beobachtungen nicht planmäfsig und rein genug vorgegangen zu sein; man kann daher seine Experimente zu irgend welchen Schlüssen nicht recht gebrauchen. Er beschreibt zwar sehr genau sein operatives Verfahren, doch gibt er leider nicht an, welche Kanäle er durchschnitten hat.

Cyon und Solucha (1873, 1874).

Die freigelegten membranösen Kanäle wurden durchschnitten.

Die erste Bewegung machte das Tier nach der operierten Seite hin, als ob es sich von einer unangenehmen Empfindung befreien wollte. Dann folgten pendelartige Bewegungen in der Horizontalebene um die Vertikalaxe, hierauf einige andere Bewegungen, die bisweilen auch ausblieben.

Curschmann (17. Januar 1874).

In seiner vorläufigen Mitteilung sind nicht die Experimente beschrieben, sondern nur eine Reihe von Folgerungen angegeben. C. wandte nicht die Durchschneidung der Kanäle an, sondern zog sie durch eine kleine Öffnung heraus. Das Verfahren ist nicht genau (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden). C. stimmt mit Flourens nicht überein. Ein- und beiderseitige Durchschneidung hat immer Erscheinungen nach der *verletzten Seite* hin im Gefolge. Bei einseitiger Verletzung gibt es weder im Zustand der Ruhe noch in der Bewegung Veränderungen.

Boettcher (19. Juni 1874).

B. operierte nicht auf einmal, sondern in Zwischenräumen, nach der Vernarbung der ersten Wunde. Sein Hauptaugenmerk richtete er auf die sich entwickelnden chronischen Folgeerscheinungen. Hier sind nur die heftigen unmittelbar nach der Durchschneidung folgenden Erscheinungen angeführt.

a. Der linke Horizontalkanal ist vor der Kreuzung durchschnitten.

Ohne Veränderung. Unbedeutende Unregelmäfsigkeit bei der Bewegung.

b. Der linke Horizontalkanal ist hinter der Kreuzung durchschnitten. Blutung.

Ein momentanes Schaukeln. Sogleich Manègebewegungen nach rechts, die sich mehrmals wiederholten. In einem andern Falle sind Kopfstellung, Gang und Flug normal; die Taube nimmt selbständig Nahrung und putzt ihre Federn.

Berthold (19. Juni 1874).

Stimmt in allem mit Flourens überein. Behauptet, Fl's. Experimente systematisch wiederholt zu haben.

Bornhardt (19. April 1875).

Der membranöse Kanal ist freigelegt.

1. B. hob den Horizontalkanal leicht mit einer Nadel an und rief dadurch eine starke Kontraktion der Muskeln der rechten Seite und folglich ein Streben nach rechts hervor; nun durchschnitt er mit einer feinen Schere den angehobenen Kanal und sogleich verschwand die Kontraktion der Muskeln und der Kopf stellte sich frei in die Mittellinie ein. Der Rumpf der Taube bleibt noch in dem Handtuch eingewickelt. (Auf diese Weise war es B. aber unmöglich, den ersten Augenblick der allgemeinen Bewegung nach der Erregung zu beobachten. Ref.)

2. Reizte B. nun mit dem Nadelende die Enden des durchschnittenen Hautkanals, so wandte sich der Kopf energisch nach rechts und machte einige pendelartige, übrigens äufserst schwache Bewegungen (von unbedeutender Ausdehnung). Bei sehr starken Erregungen des durchschnittenen Kanals durch die Nadel wurde aufser den erwähnten Muskelkontraktionen bisweilen noch ein Knirschen des Schnabels beobachtet.

3. Auf den Boden niedergelassen, beginnt die Taube in gerader Richtung zu laufen, plötzlich aber wird ihr Kopf wie von einer äufseren Gewalt nach *links* (nach der verwundeten Seite) gezogen; wenn dieses Ziehen, dieser Stofs sehr stark ist, so wendet sich auch der vordere Teil des Rumpfes nach

links; die Taube scheint zu erschrecken, sie bringt den Kopf in die normale Stellung zurück und starrt die sie umgebenden Gegenstände an, sie horcht (?); dann beginnt sie wieder ihren Weg fortzusetzen; nach zehn, zwanzig Schritten wiederholt sie genau dasselbe. Nach einigen solchen Anfällen beginnt sie sich augenscheinlich vor der Bewegung zu fürchten, sie zieht es vor, stehen zu bleiben. Oft wählt sie dabei die Nähe der Wand, an welche sie sich mit der linken Körperseite anlehnt, gleichsam damit die Wand ihren Kopf nach *links* nicht abweichen lasse.

4. Wird der Kanal bei der Durchschneidung gespannt, so sind die Stöfse des Kopfes so stark, dafs sie auch auf den vorderen Teil des Rumpfes übertragen werden; dann treten Drehungen des Tieres nach *links* ein; das Tier beschreibt anfangs einen oder zwei Kreise und bleibt hierauf stehen.

5. Bisweilen unterliegt in solchen Fällen nur der Kopf dem Stofse und wendet er sich dann rasch nur zwei-, dreimal nach links. Nach einigen Stofsanfällen des Kopfes hält ihn das Tier nicht mehr in der Mittellinie, sondern mehr oder weniger nach rechts gerichtet; nichtsdestoweniger wird der Kopf von den Anfällen nach links gezogen; um so mehr nach links, je weniger die Taube auf Widerstand vorbereitet war; so z. B. während des leichten Schlummers, welcher sich bei den Tauben nach überstandener Operation infolge der Erschöpfung leicht einstellt.

Merkwürdig ist, dafs der erwähnte Zug nach *links* am häufigsten dann auftritt, wenn die Taube einschläft oder stark erregt wird.

6. Wenn die Taube jedoch mit offenen Augen steht oder geht, und tritt dann das Streben des Kopfes nach links ein, so wendet sie den Kopf nach *rechts* um und führt selbst einen oder mehrere Kreise nach rechts aus.

7. Zwischen den Anfällen geht und steht die Taube ganz normal; der Kopf befindet sich in normaler Stellung oder ist ein wenig nach *rechts* gewendet.

8. Während der Anfälle, in denen der Kopf unwillkürlich nach links gezogen wird, wird die Taube sehr böse; sie schlägt häufig mit dem Schnabel nach rechts, und sobald sie irgend einen Gegenstand findet, z. B. ein Stuhlbein, legt sie an diesen ihren Kopf so, dafs er sich nicht nach links bewegen kann.

9. Wenn B. die Taube in die Hand nahm, als die Stofsanfälle noch stark waren (während der ersten halben Stunde), so dauerte der Zug des Kopfes nach *links* und der Widerstand, den sie demselben nach *rechts* entgegensetzte, fort. Nahm B. den Schnabel zwischen zwei Finger, so war deutlich wahrnehmbar, dafs er mit bedeutender Kraft nach *rechts* bewegt wurde. Der Schnabel blieb um so stärker nach rechts gedrückt, je gröfserer Widerstand ihm vom Finger entgegengesetzt wurde. Alles, was hier gesagt worden ist, bezieht sich auf jene Fälle, in welchen der membranöse Kanal während der Durchschneidung gespannt worden war.

Bewegung und Stellung der Augen.

Vulpian.

In den ersten Stunden oder Tagen nach der Operation wurden Augenbewegungen (Nystagmus) beobachtet. Da das Aufbrechen ein rohes operatives Verfahren ist, so mufs man diese Beobachtung für eine unreine ansehen.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten.

Flourens.

Das Tier erholte sich bald und begann normal zu gehen. Das Gleichgewicht war während der Bewegungen nicht aufgehoben.

Boettcher.

Schon beim Herausbrechen des knöchernen Kanals wird ein *Einknicken* und *Stolpern* des Beines auf der operierten Seite beim Gehen bemerkbar. Bei beiderseitiger Verletzung knickt bald das eine bald das andere Bein ein.

Curschmann.

Die geschwächte Thätigkeit des Beines auf der operierten Seite äufserte sich in folgender Weise: öfteres Ausgleiten, zu starkes Beugen oder Strecken des Beines; das Bein wird zu weit vorgestreckt oder schleppt hintennach, bald wird es stark abduziert, bald adduziert u. s. w. Bei beiderseitiger Verletzung werden Unregelmäfsigkeiten in den Bewegungen beider Extremitäten und ein wackelnder Gang (ataxia) beobachtet.

Berthold — wie Curschmann.

Bornhardt.

1. Fast in allen Fällen war eine unbedeutende Schwäche der *linken* unteren Extremität mehr oder weniger deutlich bemerkbar; sie äufserte sich beim Gehen durch Einknicken und wich hierbei der Rumpf (Rückenfläche) nach links ab.

2. Bisweilen stand die Taube lange auf einem Beine, namentlich auf dem rechten; sie konnte hüpfen.

Spamer, wie Boettcher.

Vornehmlich Abweichung nach der verwundeten, bisweilen nach der gesunden Seite hin. Letzteres wird am häufigsten bei Durchschneidung des Horizontalkanals beobachtet.

Bewegung und Stellung der oberen Extremitäten.

Boettcher.

a. Durchschneidung vor der Kreuzung. Die Taube fliegt gerade, plötzlich aber macht sie eine scharfe Wendung, entgegengesetzt der operierten Seite. Sie setzt sich furchtlos.

b. Durchschneidung hinter der Kreuzung. Der Flug ist tadellos.

Bornhardt.

Die Taube hüpft und fliegt bald gerade, bald nach links oder rechts (seltener).

Spamer (1880).

Querschnitt durch den membranösen Kanal.

Ausgeprägte Schwäche des Fluges. Dafs die Stelle der Durchschneidung einen Einflufs auf die Stärke der Störungen hätte, läfst sich nicht konstatieren.

Zustand der Sinnesorgane und des Intellekts.

Flourens.

An den Sinnesorganen und dem Intellekt waren keine Veränderungen wahrzunehmen.

Canales semicirculares 2 horizontales sinister et dexter.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

FLOURENS.

Die Durchschneidung jedes Kanals bewirkte grofse Schmerzhaftigkeit und eine Kopfbewegung *von rechts nach links* und *von links nach rechts*. Die horizontale Kopfbewegung trat plötzlich mit solcher Stärke und Schnelligkeit ein, dafs das Tier das Gleichgewicht verlor, hinfiel und sich lange drehte (sur lui même), ohne dafs es sich erheben konnte. Die Kopfbewegung von rechts nach links und umgekehrt — hielt nicht lange an. Verhielt das Tier sich ruhig, blieb auch der Kopf in Ruhe; versuchte es jedoch sich zu bewegen, dann traten auch die Kopfschwingungen wieder auf und verstärkten sich mit der Schnelligkeit der Bewegung. Die stärksten Kopfbewegungen zogen ungeordnete und verwirrte Bewegungen des ganzen Körpers nach sich.

SOLUCHA und CYON.

Beobachteten dieselben Erscheinungen: die Taube dreht sich um die Vertikalaxe ihres Körpers. Bei der Fixierung des Kopfes beruhigt sie sich sogleich und macht keine Manègebewegungen.

BOETTCHER.

I. Fall.

a. Der *rechte* membranöse Horizontalkanal ist ohne Blutverlust nach seiner Freilegung vor der Kreuzungsstelle durchschnitten.

Es wurden keine scharf markierten Veränderungen beobachtet.

b. Am folgenden Tage wird der *linke* membranöse Horizontalkanal freigelegt und vor der Kreuzungsstelle durchschnitten.

Sogleich pendelartige Schwingungen in der Horizontalebene. Anfangs waren sie sehr stark und heftig, allmählich wurden sie schwächer. Näherte man sich dem Tiere, so erneuerten sich die Schwingungen. Die Tiere sitzen apathisch: keine Neigung, selbständige Bewegungen zu machen.

II. Fall.

a. Der rechte Hor.-K. ist hinter der Kreuzungsstelle durchschnitten.

Momentanes Schwingen des Kopfes mit Bewegung nach rechts. Der Flug ist tadellos.

b. Nach einer halben Stunde wurde der linke Hor.-K. durchschnitten.

Sogleich pendelartige Schwingungen in der Horizontalebene. Starkes Sinken der Kräfte. Nach einer Stunde wurden die pendelartigen Schwingungen bedeutend schwächer. Am folgenden Tag Manègebewegungen nach links. Jede Erregung ruft pendelartige Schwingungen hervor. Die Stellung des Kopfes ist gerade.

III. Fall.

Zuerst ist der linke Hor.-K. hinten durchschnitten. Kopfstellung, Flug, Gang sind normal.

Bald darauf wird der rechte Hor.-K. hinten durchschnitten.

Dabei wurde der Kanal mit einer Schere ziemlich stark gezerrt. Sogleich pendelartige Schwingungen in der Horizontalebene mit Manègebewegungen nach rechts und einer Neigung nach vorne zu fallen. Nach einer Stunde Erbrechen. Künstliche Ernährung.

BERTHOLD beobachtet dieselben Erscheinungen wie FLOURENS.

Bornhardt.

1. Nach der Durchschneidung des linken Hor.-K. erhielt man die oben beschriebenen Erscheinungen. Nach Verlauf einer Stunde, als alle wahrgenommenen Erscheinungen fast verschwunden waren, wurde der knöcherne Hor.-K. der rechten Seite geöffnet.

2. Bei der geringsten mechanischen Erregung des rechten membranösen Kanals wandte sich der Kopf sogleich *nach links*.

3. B. hob diesen Kanal leicht an und rief hierdurch sogleich schwache *Kopfbewegungen nach links* hervor, die nach einer oder zwei Sekunden verschwanden. Je stärker der Kanal erregt wird, um so mehr wendet sich der Kopf nach *links*.

4. Hält man während einer solchen Erregung den Schnabel zwischen den Fingern fest, so empfindet man deutlich die Kraft, mit welcher der Schnabel nach *links* strebt, während der an der rechten Schnabelseite liegende Finger nichts empfindet. Sobald aber auch der rechte Kanal durchschnitten wird, hört die Muskelkontraktion, die den Kopf nach links wendet, auf und der Kopf stellt sich frei in die Medianlinie ein.

5. Sobald die Taube auf den Boden gestellt wird und gehen will, erscheinen bei ihr schnelle pendelartige Kopfbewegungen in der Ebene der horizontalen halbkreisförmigen Kanäle; nach 3, 5 Sekunden werden diese Erscheinungen beständig schwächer, um schliefslich zu verschwinden und bei jeder mechanischen Bewegung wieder zu erscheinen.

6. Oft *beugt* die Taube, nachdem sie sich beruhigt hat, den Kopf *stark nach links* und hält ihn lange in dieser Stellung. Meist ist der Kopf etwas nach *links* gewendet und wird nur anfallsweise plötzlich nach *rechts* gezogen. Diese Stofsanfälle des Kopfes sind bisweilen so stark, dafs der vordere Teil des Rumpfes mitgezogen wird; es beginnen so *Manège*bewegungen nach *rechts*. Bei starken Kopfbewegungen geht der Schnabel so weit nach links, dafs das Tier vollständig nach hinten zum Schwanze sieht. Der Kopf konnte nur mit Mühe zurückgebogen werden, es folgten darauf nicht selten Manègebewegungen. Die Kopfwendungen erschienen übrigens an Stelle der pendelartigen Schwingungen nur dann, wenn der ganze membranöse Horizontalkanal entfernt war. Je gröfsere Stücke man am Kanal vernichtete, desto gröfsere Bögen beschrieb der Kopf. Es ist übrigens bemerkenswert, dafs häufig selbst starke Kopfwendungen den Rumpf völlig in Ruhe belassen und Manègebewegungen nicht zur Folge haben.

Bewegung und Stellung der Augen.

Flourens.

Augen und Augenlider machen starke andauernde Bewegungen.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten.

Flourens.

Die Taube konnte stehen und hierbei ihr Gleichgewicht bewahren; ging mit Mühe; fliegen und laufen konnte sie gar nicht. Ungeordnete und verwirrte Bewegungen; fällt sie, dann erhebt sie sich nur mit Mühe. Streben, sich bald nach der einen, bald nach der anderen Seite zu drehen oder im Kreise zu laufen (Manègebewegungen).

Die raschen Kopfbewegungen haben Gleichgewichtsverlust, Fallen und

Drehung um die Längsnaxe des Körpers zur Folge; das Tier konnte sich nicht erheben.

Solucha und Cyon wie Flourens.

Curschmann.

Schwäche in beiden Beinen und ataktischer Gang.

Boettcher.

a. Nach der Durchschneidung vor der Kreuzungsstelle.

Sitzt apathisch, bewegt sich nicht selbständig; macht auf Antrieb einige Schritte ohne Kreisbewegungen. An den Beinen nimmt man Schwäche wahr.

b. Nach der Durchschneidung hinter der Kreuzung.

Veränderungen in der Beinstellung sind nicht zu bemerken.

Bornhardt.

1. Wenn man die Taube antreibt, so bewegt sie sich langsam von der Stelle, *beugt den Rumpf bald nach rechts, bald nach links*, wobei auch pendelartige Kopfbewegungen zum Vorschein kommen; infolgedessen wendet sie sich, diesen Bewegungen folgend, bald nach rechts, bald nach links und beschreibt so eine zickzackförmige Linie. Ist die Wendung nach einer Seite hin sehr stark, dann geht das Tier im Bogen nach dieser Seite weiter und macht so Manègebewegungen.

2. Nach einer Stunde werden die pendelartigen Kopfbewegungen schwächer, wodurch auch die Manègebewegungen seltener vorkommen. Schwache Erregungen rufen keine pendelartigen Bewegungen mehr hervor. Wenn man dann die Taube auf eine Erhöhung stellt und sie nach unten sehen läfst, so verstärken sich die pendelartigen Bewegungen.

3. Wird die Taube wieder auf den Boden gestellt, so ist sie im stande, einige Schritte in gerader Richtung zu gehen, weil die pendelartigen Bewegungen dann bedeutend schwächer sind. Wenn sie aber stille steht, führt der Kopf bei jedem Versuch ihn zu bewegen einige pendelartige Schwingungen aus, bevor er sich in irgend eine Ebene einstellt. So steht z. B. die Taube ruhig da: näherte sich aber B., dann richtete sie, wie gewöhnlich, den Kopf auf eine Seite, und er bemerkte dann schwankende Bewegungen des Kopfes, die sogleich verschwanden, sobald der Kopf sich in einer gewissen Lage zurechtgestellt hatte.

4. Die Taube steht immer aufrecht und schläft sogar stehend. Wenn sie in gerader Linie geht, so beschreibt ihr Kopf, nach rechts und nach links wackelnd, eine spiralförmige Linie.

5. Wenn man die Taube auf die Seite legt, so steht sie beim Aufscheuchen nur langsam auf.

6. Wenn die Taube anderthalb Stunden nach der Operation gereizt wird, so dreht sie den Kopf langsam von einer Seite zur andern um; dabei beschreibt sie einen Bogen und macht gleichzeitig einige schwankende Bewegungen.

7. Die Taube wurde an einer Reihe von Tischchen vorbei gejagt; wenn die rechte Körperseite den Tischchen zugewandt war, zeigte sie während des Gehens Neigung, Manègebewegungen nach *rechts* zu machen (d. h. beschrieb einen Halbkreis nach *rechts*). Wenn aber ihre linke Körperseite den Tischchen zugewandt war, zeigte sie die Neigung, nach *links* sich zu drehen (d. h. sie beschrieb einen Halbkreis nach *links*). So waren die Manègebewegungen offenbar eine Folge der abnormen Wendung, die sie machte, um sich unter den Tischchen zu verstecken.

Bewegung und Stellung der oberen Extremitäten.

Flourens.

Fliegen konnte die Taube gar nicht. In die Höhe geworfen, fiel sie, sich um ihre Axe drehend, auf die Erde nieder.

Solucha und Cyon.

Der Flug ist sehr erschwert und währt nur kurze Zeit; bei jedem Hindernis fällt die Taube wie ein toter Körper auf den Boden.

Boettcher:

a. Nach der Durchschneidung vor der Kreuzung.

Sie fliegt in gerader Richtung vorwärts, auf einmal überstürzt sie sich plötzlich und kehrt wie ein Bumerang zu ihrem Ausgangspunkte zurück. Bisweilen überschlägt sie sich im Flug, fällt und stöfst sich am Boden.

b. Nach der Durchschneidung hinter der Kreuzung.

Während des Fluges weicht die Taube nach links ab.

Bornhardt.

Wenn sie fliegt, beschreibt sie eine spiralförmige Linie und erhebt sich weit seltener in gerader Richtung.

Zustand der Sinnesorgane und des Intellekts.

Flourens.

Die Taube sah sehr gut, hörte, bewahrte alle ihre Instinkte, das volle Bewufstsein, den vollständigen Intellekt. (Wie er sich davon überzeugen konnte, sagt Flourens nicht. Ref.) Sie konnte selbständig trinken und essen, obschon mit grofser Mühe. Offenbar fürchtete sie, sich zu bewegen: safs meist regungslos. Von Zeit zu Zeit drehte sie sich bald nach der einen, bald nach der andern Seite.

Solucha und Cyon.

Kann bis zum 4.—6. Tage nicht selbständig Nahrung zu sich nehmen.

Bornhardt.

Putzt, obwohl ungeschickt, ihre Federn. Der Schnabel trifft infolge schwacher Zuckungen des Kopfes das Korn nicht sogleich.

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Die Taube lebte beinahe ein Jahr in demselben Zustande. Die Wunde vernarbte.

Sie wurde fett. Aber alle Erscheinungen der horizontalen Kopfbewegung. Drehungsanfälle. Aufhebung und sogar vollständiger Verlust des Gleichgewichts treten bei etwas schneller Bewegung sogleich ein. Die Sektion ergab Obliteration der Kanäle an den durchschnittenen Stellen. Das Gehirn war unberührt und zeigte keine bemerkbaren Veränderungen.

Solucha und Cyon.

Die Taube frifst nicht selbständig; man mufs sie in der ersten Zeit, bis zu 4—6 Tagen, künstlich ernähren.

Das oben beschriebene Bild bieten die Tiere am 1.—2. Tage.

Am 3.—4. Tage ändert sich das Bild. Der Ausgang ist ein doppelter.

a. In seltneren Fällen, wenn die Operation sehr sorgfältig, ohne Ver-

letzung der benachbarten Organe und ohne Blutverlust ausgeführt war, werden die Erscheinungen schwächer; die pendelartigen Bewegungen bleiben, gehen aber nie in allgemeine Krämpfe über. Das Tier fällt nur bei schnellem Laufe, bewahrt aber sein Gleichgewicht verhältnismäfsig leicht. Es fliegt ungeschickt. Frifst selbständig. Unterscheidet sich nach einigen Tagen von den anderen Tauben durch von Zeit zu Zeit eintretende pendelartige Schwingungen. Einen solchen guten Ausgang erhält man selten und nur dann, wenn der Blutverlust nicht allzu grofs gewesen und die Durchschneidung selbst rein ausgeführt worden ist. In den meisten Fällen jedoch wurde der zweite Ausgang beobachtet.

b. Am 4.—5. Tage erschienen Manègebewegungen, dann trat Biegung des Kopfes und eine Reihe anderer stürmischer Zwangsbewegungen ein. Das Tier ging zu Grunde. Bei der Sektion fand man im Gehirn und im Kleinhirn immer Veränderungen in Gestalt von Entzündung, Extravasaten und eitrige Infiltrationen.

Boettcher.

Nach 3 Tagen verstärkten sich die pendelartigen Schwingungen, die Anfälle wurden stärker. Bald trat eine so starke Verdrehung des Kopfes ein, dafs die Taube mit dem Scheitel den Boden berührte und das Gleichgewicht mittels der Flügel zu bewahren suchte. An den folgenden Tagen sitzt das Tier still, manchmal nur erscheinen pendelartige Schwingungen mit geringem Schütteln, das etwas an Zittern erinnert.

Nach 8 Wochen. Wenn sich jemand dem Tiere nähert, senkt es den Kopf mit einer Wendung nach links so, dafs derselbe den Boden berührt und der Schnabel unter den rechten Flügel gerät. Erst nach einiger Zeit wird der Kopf wieder gehoben. Kann nicht fliegen. Ohne sich erheben zu können, schlägt die Taube bisweilen, sich selbst überlassen, mit den Flügeln. In die Höhe geworfen, fällt sie wie ein toter Körper nieder. Man mufste sie künstlich füttern. Im Falle des Todes sah man im Gehirn und Kleinhirn Extravasate, bisweilen mit eitriger Infiltration.

In anderen Fällen beginnt die Taube vorwärts zu gehen. Anfangs bewegt sie sich einige Zeit in gerader Linie fort, dann aber weicht sie auf einmal nach links ab und beginnt, kleine Kreise beschreibend, heftig und ununterbrochen sich um ihr linkes Bein zu drehen (rotation en rayon de roue). Seltener werden grofse Kreisbewegungen nach rechts beobachtet (im Durchmesser von 1 Fufs; mouvement de manège).

Das erschreckte Tier dreht sich immer nach der linken Seite. Wenn man es auf einen Stuhl setzt, bleibt es mit gesenktem Kopfe sitzen. Schaukelt man den Stuhl, so fällt das Tier wie eine regungslose Masse hintenüber.

Prüfung des Fluges der Tauben nach einigen Wochen: In der freien Luft flogen sie in die Höhe, bald aber traten Kreisbewegungen in der Horizontalebene ein, welche bei ihnen augenscheinlich Schwindelanfälle hervorriefen; sie liefsen sich deshalb eilig nieder.

Bornhardt.

1. Am Tage nach der Operation: Die Taube kann einen Fufs hoch hüpfen, läfst sich aber von oben nach unten regelrecht mit Hilfe der Flügel herab.

2. Heftige pendelartige Bewegungen treten nur dann auf, wenn man sie auf einmal in die Hände nimmt oder sie unvorsichtig auf den Boden hinstellt.

3. Sie putzt ihre Federn ungeschickt: der Schnabel wird mit Kraft auf irgend eine Körperstelle geworfen; wenn das Tier dann den Kopf in die

normale Stellung bringt, stellt es ihn nicht sogleich in die Mittellinie ein, sondern macht, bis ihr dies gelingt, einige pendelartige Bewegungen um die Mittellinie.

4. Wenn man die Taube in Ruhe läfst, verfällt sie in Schlaf.

5. Beim Picken kann der Schnabel infolge schwacher, krampfhafter Zuckungen des Kopfes nach beiden Seiten das Korn nicht genau treffen.

6. Während des Schlafes biegt sich der Kopf mehr und mehr *nach links*, oft scharf stofsartig, und macht sogar schwache pendelartige Bewegungen *nach links*. Das Biegen des Kopfes nach links wird *mit bedeutender Kraft* ausgeführt: wenn man diesem Biegen Widerstand leistet, z. B. wenn man einen Bleistift vorhält, so versucht das Tier die Bewegung fortzusetzen; da es aber das Hindernis nicht zu überwinden vermag, erwacht es und beginnt verstärkte Kopfbewegungen zu machen.

7. Während des Einschlummerns wird der Kopf bisweilen nach rechts gezogen, aber nicht stofsweise; die Taube ist sich dessen augenscheinlich bewufst, da sie den Kopf schüttelt, als ob sie ihn von einer äufseren Gewalt befreien wollte. Endlich wird während des Schlafes der Kopf bald nach rechts bald nach links fortgerissen.

Beobachtungen **Ewalds** (1887).[190])

E., der sich auf die Beobachtungen anderer Forscher stützte, die nachgewiesen haben, dafs die Verschiedenartigkeit der Störungen von der Stelle der Verletzung abhängig ist, durchschnitt die membranösen Kanäle an *gleichen* Stellen, um die gewonnenen Resultate untereinander vergleichen zu können. (Die operative Technik s. Abschnitt über die Experimentalmethoden.)

Um dieses zu erreichen, sind nur die Horizontalkanäle mit Vorteil zu verwenden, da sie, wie bereits sicher erwiesen, in funktioneller Beziehung ein einziges Ganze bilden. Einstweilen kann man dieses hinsichtlich der beiden Sagittal- und Frontalkanäle nicht behaupten, von denen, nach der Ansicht einiger, anscheinend ein Sagittal- und ein Frontalkanal einander ergänzen. (S. weiter unten Abschnitt über die Experimentalmethoden.)

Beide Kanäle werden in ein und derselben Sitzung durchschnitten. Hierbei kann man sich leicht überzeugen, dafs die Erscheinungen bei einseitiger Durchschneidung weniger beständig sind im Vergleich zu denen bei doppelseitiger. Aufserdem wurde die Operation abwechselnd bald auf der linken, bald auf der rechten Seite begonnen, da die Störungen zum Teil auf die zuletzt operierte Seite Bezug nehmen.

Um bei allen Tieren in gleicher Zeit nach der Operation die Beobachtungen anzustellen, wurden die Tiere zweimal beobachtet, nämlich, wenn eine Stunde nach der Operation verflossen war und nach 24 Stunden. Nach einer Stunde bereits verschwinden die ersten sekundären Erscheinungen gänzlich, die durch das Fixieren, Freilegen der Bögen, durch das Zunähen der Wunde u. s. w. bedingt sind. Nach 24 Stunden kann die zweite Reihe von Störungen noch nicht deutlich erkannt werden; diese treten meistens am 3. Tage auf.

---

[190]) I. R. EWALD. Zur Physiologie der Bogengänge. PFLÜGERS Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. 41 p. 463—483. 1888.

Versuche an Tauben.

Stehen. Die Beine sind im Knie- und im Schienbeingelenk (in den Gelenken zwischen Tibia- und Tarso-Metatarsus) etwas geknickt; infolge dessen steht das Tier nicht so hoch aufgerichtet wie gewöhnlich, und sein Rumpf ist dem Boden genähert. Der Schwanz ist nach unten gebogen, berührt aber noch nicht den Boden. Der Hals ist etwas mehr gekrümmt, daher der Kopf der Schulter genähert. Von Zeit zu Zeit schwingt der Kopf in der Horizontalebene um eine dem Hinterhaupte tangentiale Axe.

Gehen. Die Tiere machen erst nach Antreiben 2—3 Schritte, dann bleiben sie unbeweglich auf demselben Fleck. Annährung der Hand, Berührung des Gefieders reicht noch nicht aus, um sie aus ihrer Ruhe aufzuscheuchen; gesunde Tauben, in solcher Weise gereizt, fliegen schnell davon. Beim Gehen sind die Seitenbewegungen des Kopfes unregelmäfsig und fehlen meist ganz. Häufig beschreiben die Tauben einen grofsen Kreis nach derjenigen Seite, welche zuletzt operiert wurde. Wenn sie jedoch wollen (wie ist dies zu verstehen? Ref.), so können sie sich nach beiden Seiten bewegen. Dabei beobachtet man das merkwürdige BÖTTCHERsche Symptom: nach einigen (10 – 20) Schritten knickt das eine Bein zusammen und die Tauben fallen nach dieser Seite; zu einem vollständigen Fallen kommt es jedoch nie, da ein neuer Schritt gemacht und der Flügel der entsprechenden Seite schnell entfaltet wird. Am prägnantesten tritt die geschilderte Erscheinung auf der zuletzt operierten Seite auf, und besonders merklich wird sie bei schnellen Bewegungen.

Fliegen. Die Tauben fliegen nur auf, sobald sie sehr stark gereizt werden: man mufs kräftig in die Hände klatschen und schreiend hinter ihnen herlaufen. Dabei erheben sie sich nicht höher als 2 m, wobei sie grofse Kreise um eine vertikale Axe nach der Seite des zuletzt durchschnittenen Kanals beschreiben (wie BÖTTCHER) und um die Längsaxe rotieren. Diese Drehung wird dadurch bedingt, dafs der Flügel der operierten Seite mit jedem Schlage tiefer und tiefer sinkt. Sobald er mit dem Körper einen Winkel von 60° beträgt, ist die Regelmäfsigkeit des Fluges gestört, die einzelnen Flügelschläge werden nicht gleichzeitig vollführt, und es entstehen unregelmäfsige, desorganisierte Bewegungen. In diesem Zustande fällt das Tier unbeholfen nieder, und während seiner Bemühungen, wieder auf die Beine zu kommen, treten die stärksten Störungen auf. Jetzt werden die Kopfbewegungen so stark und andauernd, dafs man sie als pendelartiges Kopfschleudern bezeichnen kann. Bei der verstärkten Arbeit der Beine, der Flügel, des Halses und des Schwanzes kommt es zu Überschlagungen, die meist um die Längsaxe erfolgen. Nach einiger Zeit können die Tiere wieder auf den Beinen stehen. Hierauf hören alle Erscheinungen auf; ihre Stärke und Dauer hängt von der Heftigkeit des Fallens ab. Da die ungeheuren Anstrengungen dem Tiere sehr schadeten, so wurden sie am Tage der Operation möglichst vermieden; die Taube wurde sofort ergriffen und festgehalten, sobald sie auf den Boden gefallen war. Ein andauerndes Fliegen ist demnach unmöglich, da nur die ersten 3—5 Flügelschläge normal sind.

Sperlinge und Kanarienvögel.

Besagte Vögel fliegen sehr flink und hüpfen aufserordentlich behende von Zweig zu Zweig, frei auf denselben balancierend.

Hüpfen: Die Störungen treten hier stärker hervor als bei den Tauben

beim Gehen auf ebenem Boden. Die Beine knicken auf beiden Seiten zusammen. Die Erschöpfung tritt früher ein. Sie hüpfen mit der gröfsten Mühe unter noch öfterm Einknicken der Beine.

Springen: Springt das Tier auf einen Ast, so ist der Sprung zu kurz. Die Füfse haben den Zweig schon erfafst, aber der Körper ist nicht genügend vorwärts gekommen, um das Gleichgewicht zu finden. Nach dem Niederfallen dieselben stürmischen Bewegungen wie bei der Taube.

Fliegen: Die Vögel können vom Boden nicht auffliegen. In die Luft geworfen, flattern sie und fallen fast senkrecht zu Boden, wo es zu denselben stürmischen Bewegungen kommt. *Beim ruhigen Stehen* dieselben Erscheinungen wie bei der Taube.

Schwalben.

Schwalben bilden infolge ihres ausgezeichneten Fluges ein gutes Beobachtungsobjekt. Leider verenden sie meistens noch vor Schlufs der Operation. Von sämtlichen operierten Tieren blieben nur zwei am Leben.

Eine auf einer Stange sitzende Schwalbe kann man auf keine Weise zum Auffliegen bringen.

In die Luft geworfen, vollführt sie noch ungeregeltere Bewegungen als Sperlinge, und beim Niederfallen überschlägt sie sich einige Male.

Raben.

An diesen Tieren beobachtet man dieselben Störungen wie bei Sperlingen, nur sind sie infolge der gröfseren Höhe der Beine und des gröfseren Körperbaues etwas modifiziert.

Stehen: Die abnorme Beugung im Knie- und Fufsgelenk ist sehr deutlich, desgleichen das Senken des Schwanzes. Die horizontalen Kopfbewegungen sind minimal.

Gehen und Hüpfen: Hier sind die Störungen särker als beim Sperling und es kommt zuweilen zum völligen Umfallen auf eine Seite. Ein Unterschied zwischen beiden Seiten tritt nicht deutlich zu Tage.

Springen: Der Sprung ist stets kurz: es gelingt dem Raben nur, sich mit den Zehen an der Stange anzuklammern und an derselben hängen zu bleiben. Nach kurzer Zeit fällt er von derselben herab.

Auch diese Störungen sind also hier deutlicher als beim Sperling.

Fliegen: Der langsame Flügelschlag des Raben leidet auffallend wenig. Auf starke Reize fliegt er auf und kommt auch leidlich wieder auf den Boden zurück. Die Störungen sind entschieden schwächer als beim Sperling, ja schwächer als bei der Taube.

Hühner.

Bei Hühnern und Gänsen ist es ziemlich schwierig, gut zu operieren. Die Störungen bei Hühnern treten sehr schwach auf.

Stehen: Es ist nichts Abnormes zu bemerken.

Gehen: Unlust, sich von der Stelle zu bewegen. Der gleichmäfsige Gang ist vollkommen normal.

Beim Laufen knicken die Beine zusammen, selten kommt es zu einem Fallen auf die Seite.

Fliegen: Die Tiere fliegen von selbst nicht auf.

Die Bewegung der Flügel ist regelmäfsig. Beim Herabfliegen stofsen sie mit der Brust gegen den Boden.

Gänse.

Beim Stehen, Gehen und *Laufen* keinerlei Veränderungen. Die schwachen Bewegungen des Kopfes, die unmittelbar nach der Operation wahrgenommen werden, verschwinden bald gänzlich.

Fliegen: Bei der Prüfung vor der Operation konnte man die Gänse mit Mühe und nur mit Hilfe eines Hundes zum Auffliegen bringen. In der Luft flogen sie gut, beim Niederlassen jedoch stiefsen sie mit der Brust stark gegen den Boden. Gleich nach der Operation konnten sie nicht dazu gebracht werden, sich in die Luft zu schwingen. In die Luft geworfen, fielen sie schwerfällig nieder.

Schwimmen: Beim Schwimmen war irgend etwas Anormales nicht wahrzunehmen.

Canalis semicircularis frontalis sinister.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens (Tauben).

Schwache, doch schnelle und nur einen Augenblick dauernde Vertikalbewegung des Kopfes von unten nach oben und von oben nach unten.

Cyon und Solucha.

Wie bei Flourens, Bewegung des Kopfes in einer Vertikalebene um die *Horizontalaxe*. Bisweilen, wenn das Durchschneiden von Blutung begleitet war, wird der Kopf auf einige Zeit nach hinten übergeworfen, so dafs das Occiput den Nacken berührt.

Anfangs sind die Pendelbewegungen schwach, nach 6—8 Bewegungen erreichen sie ihr Maximum. Bisweilen beobachtet man in diesen Fällen eine Drehung des ganzen Körpers um die Queraxe, verbunden mit Überschlagen von vorn nach hinten (bisweilen nach vorn), wobei die Taube gewöhnlich auf den Rücken fällt.

Boettcher.

a. Durchschneidung oberhalb der Durchkreuzung. Keine Veränderungen.

b. Durchschneidung unterhalb der Durchkreuzung. Momentanes Schütteln, Sich selbst überlassen, führt das Tier Würgebewegungen aus. Erbrechen.

Berthold.

Wie bei Flourens. Das Tier macht einige Schritte vorwärts oder rückwärts.

Bornhardt.

1. Als er den Vertikalkanal mit einer Nadel leicht emporhob, rief er eine starke Kontraktion der Muskeln hervor, die auf der vorderen Fläche des Halsteils der Wirbelsäule liegen; folglich Bestreben des Kopfes, sich nach *unten* zusammenzudrehen; jetzt durchschnitt er mit einer feinen Schere den emporgehobenen Kanal: sofort verschwand die Kontraktion der Muskeln und der Kopf stellte sich frei in der Mittellinie der Horizontalebene fest. Der Rumpf der Taube blieb noch in einem Handtuch eingewickelt.

2. Wenn die Taube, wie eben erwähnt, in einem Handtuche eingewickelt blieb und B. mit der Nadelspitze die Enden des durchschnittenen membranösen Kanals reizte, so bog sich der Kopf wieder mit Heftigkeit nach unten und machte einige pendelartige Bewegungen, die übrigens sehr schwach (von geringer Amplitude) waren.

3. Auf den Boden gelassen, beginnt die Taube in gerader Richtung zu laufen; aber plötzlich stöfst eine gleichsam äufsere Gewalt ihren Kopf nach *hinten links*; ist dieser Stofs heftig, so wird auch der Vorderteil des Rumpfes nach *hinten links* fortgerissen; dieses erschreckt gewissermafsen die Taube; sie bringt den Kopf in die normale Stellung, betrachtet die Gegenstände aufmerksam, horcht und setzt dann ihren Weg weiter fort; nach 20 bis 30 Schritten wiederholt sich genau dasselbe. Nach einigen solchen Anfällen beginnt sie augenscheinlich sich vor den Bewegungen zu fürchten; sie zieht es vor, stehen zu bleiben. Oft sucht sie hierbei die Nähe einer Wand auf, an die sie sich mit der *linken* Körperseite anlehnt, gleichsam damit die Wand ihr nicht gestatte, sich nach links zu drehen. Aufserdem neigt sie nicht selten den Vorderteil des Rumpfes nach unten, wahrscheinlich um den auftretenden Stöfsen entgegenzuwirken. Oft auch empfindet sie offenbar das Auftreten der den Kopf nach hinten ziehenden Kraft vorher und bemüht sich absichtlich zu picken, um auf diese Weise eine Gegenwirkung gegen das nach hinten erfolgende Ziehen des Kopfes auszuüben.

4. Bei unvorsichtiger Durchschneidung des membranösen Kanals, namentlich wenn letzterer vor oder während des Durchschneidens straff gespannt wird, sind die Stöfse, denen der Kopf ausgesetzt ist, so heftig, dafs sie auf den Vorderteil des Rumpfes übergreifen; dann stellen sich Zuckungen nach *hinten links* ein; das Tier fällt infolgedessen zuweilen auf die linke Seite, erhebt sich jedoch sofort und steht wieder normal. Dann bemerkt man auch beim Stehen der Taube, dafs ihr Rumpf leicht hin und her *schwankt*.

5. Bisweilen ist nur der Kopf allein dem Stofse ausgesetzt, wobei er schnell zwei-, dreimal nach *hinten links* zuckt; weiteres erfolgt nicht.

6. Nach einigen Stofsanfällen hält das Tier den Kopf nicht mehr in der Mittelebene in normaler Höhe, sondern mehr oder weniger nach *unten rechts* gesenkt; trotzdem wird der Kopf durch die Anfälle nach *hinten links* gezogen, und zwar um so stärker, je weniger die Taube zum Widerstand vorbereitet war, so z. B. während des leichten Schlummers, der sehr oft bei den Tauben nach überstandener Operation als Folge der Erschöpfung eintritt.

7. Wenn die Taube aber mit offenen Augen steht oder geht, und das Zucken des Kopfes nach hinten links auftritt, so hält sie den Kopf nicht nur in normaler Höhe zurück, sondern beugt ihn noch mit Anstrengung nach unten.

8. In den Intervallen zwischen den einzelnen Anfällen geht sie in gerader Richtung vollkommen regelmäfsig. Sie steht auch normal und der Kopf befindet sich in normaler Stellung oder ist etwas nach unten gebeugt.

9. Als die Stofsanfälle noch stark waren, was nur in der ersten halben Stunde der Fall ist, und B. die Taube in die Hände nahm, dauerten die Zuckungen des Kopfes nach hinten, ebenso wie die Widerstandsbewegungen nach unten fort. Nahm B. den Schnabel zwischen zwei Finger, so war deutlich wahrzunehmen, dafs er mit auffallender Gewalt nach unten gezogen wurde, während er nach hinten und nach links keinen Druck ausübte. Aufserdem blieb der Schnabel desto länger nach unten gestemmt, je gröfserer Widerstand ihm durch den Finger entgegengesetzt wurde. Alles hier Gesagte

gilt von denjenigen Fällen, in denen der membranöse Kanal beim Durchschneiden straff gespannt war. Gewöhnlich verschwinden die Zuckungen nach einer Stunde.

10. Wenn die Taube, nachdem sie sich mit dem Schnabel den Rücken geputzt hat, den Kopf in die normale Stellung zurückbringen will, so beugt sich das Vorderende des Rumpfes so weit nach vorne über, dafs das Tier nicht selten beinahe kopfüber fällt. Dies läfst sich dadurch erklären, dafs der Kopf infolge des starken Zuges nach hinten nicht in die Normalstellung zurückgebracht werden kann, und dafs der Rumpf, um das Gleichgewicht zu erhalten, sich nach *vorn* und nach *unten* neigt. Wenn die Taube beispielsweise den Schnabel aus dem linken Flügel zurückzieht, so neigt sie sich mit dem Rumpf stark nach rechts, so dafs sie fast nach rechts umfällt; doch bald verschwindet dies alles. Schon eine Viertelstunde nach der Operation sind diese Erscheinungen nur schwach wahrzunehmen.

Bewegung und Stellung der Augen.

Darüber liegen bis jetzt keine Beobachtungen vor.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten.

Flourens.

Die Taube hielt sich fest auf den Beinen, ging und flog regelrecht.

Boettcher.

a. Durchschneidung oberhalb der Kreuzungsstelle. Beim Gehen momentanes *Zusammenknicken des linken* Beines. Normale Schritte wechseln mit nicht normalen. Hierbei beobachtet man ein Überschwanken des Körpers nach links. Knickt das Bein mehrere Male hintereinander zusammen, so beginnt das Tier sich nach links zu neigen. Auch der ganze Rumpf ist nach dieser Seite hin leicht geneigt.

b. Durchschneidung unterhalb der Kreuzungsstelle. *Gang* nicht fest. Das Tier neigt sich während des Gehens und weicht nach hinten rechts, ohne das Gleichgewicht ganz zu verlieren.

Bornhardt.

1. Fast in allen Fällen war mehr oder weniger deutlich eine geringe *Schwäche* des *linken* Beines zu bemerken; es äufserte sich dieselbe durch Einknicken des Beines beim Gehen, wobei der Rumpf (die Rückenfläche) eine Abweichung nach hinten zeigte.

2. Zuweilen stellte sich die Taube auf ein Bein und blieb lange so stehen, besonders auf dem rechten Fufse.

Spamer.

Quere Durchschneidung eines membranösen Kanals:

Neigung sich nach der verletzten Seite zu drehen; 2 mal wurde Drehung nach der gesunden Seite beobachtet. Schwäche der Extremitäten, wie bei Boettcher. Die Schnittstelle bleibt ohne Einflufs. Flugstörung tritt am allerschwächsten nach Durchschneidung des oberen Knies des Frontalkanals auf.

Bewegung und Stellung der oberen Extremitäten.

Flourens.

Die Taube flog regelmäfsig.

Cyon und Solucha.

Der Flug ist unbeholfen und dauert kurze Zeit.

Boettcher.

a. Durchschneidung oberhalb der Kreuzungsstelle.

Unvollkommene Herrschaft über den *linken* Flügel. Die Taube konnte eine Strecke in gerader Richtung fliegen, machte dann aber plötzlich eine Wendung nach *links*, wobei sie gewöhnlich an irgend etwas anstiefs. Diese Wendung beim Fluge war konstant. Man konnte beobachten, wie die Bewegung des *linken* Flügels während des Fluges plötzlich aufhörte, oder wie er weniger energische Bewegungen vollführte, während der rechte gleich stark weiter arbeitete. Letzteres führte zu einer Ablenkung nach *links* und zu Zwangsbewegungen nach der kranken Seite. Ein solches Tier kann man mit einem Boote vergleichen, auf dessen einer Seite stark und gleichmäfsig, auf dessen anderer Seite schwach und ungleichmäfsig gerudert wird. Bei der Bewegung wird sich natürlich das Boot nach der linken Seite drehen.

b. Durchschneidung unterhalb der Kreuzungsstelle.

Neigung zum Fliegen nicht vorhanden. Vom Stuhl läfst sie sich langsam nieder.

In einem zweiten Falle war der Flug vollkommen normal.

Bornhardt.

Die Taube hüpft umher und kann bald geradlinig, bald nach links oder nach rechts fliegen, wobei sie sich mit dem Rumpf leicht *vertikal* stellt. Sie läfst sich vollkommen normal nieder, wobei sie sich bisweilen nur etwas nach rechts richtet. Bald indes fliegt sie wie im normalen Zustande.

Spamer.

Erscheinungen wie bei der Längsdurchschneidung des Kanals. S. oben p. 223.

Bewegung und Stellung des Rumpfes.

Flourens.

Zeitweise Zuckungen (secousse ou mouvement brusque) mit plötzlicher schneller Bewegung des Kopfes von *vorn nach hinten*, die das Gleichgewicht auf eine Minute störte und bisweilen das Tier auf den Rücken warf.

Nach einigen Augenblicken verschwand diese Erscheinung vollständig oder trat nur vereinzelt auf.

Cyon und Solucha.

Wie Flourens. In einigen Fällen Vornüberfallen.

Beschaffenheit der Sinnesorgane und des Intellekts.

Bornhardt.

Wenn die unwillkürlichen Zuckungen des Kopfes nach hinten links auftreten, wird die Taube äusserst *wütig*: sie schlägt oft mit dem Schnabel kräftig nach unten (weshalb soll dieses auf Zorn hindeuten? Ref.); wenn sie auf irgend einen Gegenstand, z. B. einen Schemelfufs, stöfst, legt sie den Kopf unter die Querleiste des Schemels, damit so der Kopf nicht nach hinten links zucken kann.

Spätere Erscheinungen.

Cyon und Solucha.

Die Ernährung mufste am ersten Tage künstlich geschehen. Nach 3—4 Tagen dieselben konsekutiven Erscheinungen, wie nach Durchschneidung des Horizontalkanals. Um beständige Erscheinungen zu erhalten, war zweiseitige Durchschneidung erforderlich.

Boettcher.

Nach Verlauf einiger Wochen waren beim Fliegen und Gehen keine Unregelmäfsigkeiten wahrzunehmen. Nur ausnahmsweise war bei andauerndem Fliegen eine Linksschwenkung zu bemerken. Dann verschwand alles spurlos.

Canales semicirculares 2 frontales, sinister et dexter.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Durchschneidung oberhalb der Kreuzungsstellen. Plötzliches Auftreten einer schnellen, fast ununterbrochenen Vertikalbewegung von *unten nach oben* und von *oben nach unten*. Bisweilen neigte sich der Kopf im Halbkreise bald auf die eine, bald auf die andere Seite. Die Bewegungen des Kopfes wurden bei allen Bewegungen des Körpers stärker. Im Ruhezustande berührte die losgelassene Taube meistens mit dem Scheitel den Boden, gewissermafsen zur Erhaltung des Gleichgewichts. Hinüberwerfen *nach hinten*. Die Bewegungen des Kopfes machten ihrerseits alle Bewegungen des Rumpfes unregelmäfsig und verwirrt.

Czermak.

Wie Flourens. Kopf und Hals waren stark nach hinten übergeworfen und berührten den fächerförmig entfalteten und auf den Rücken geworfenen Schwanz; auf diese Weise hatte das Tier gewissermafsen das Aussehen eines Rades.

Vulpian.

Wie Flourens.

Cyon und Solucha.

Wie Flourens. Den Allgemeinerscheinungen gingen Bewegungen des Kopfes voraus.

Boettcher.

a. Zuerst Durchschneidung rechts oberhalb der Kreuzungsstelle. Einknicken des rechten Beines. Flug normal, nur eine geringe Schwerfälligkeit beim Niederlassen auf die verschiedensten Gegenstände, an welche die Taube sich fest anklammern mufs. Bald ging alles vorüber. Nach Verlauf von 3—4 Monaten alles normal. Jetzt Durchschneidung links oberhalb der Kreuzungsstelle. Starke Blutung.

Sofort pendelartige Schwingungen in einer Ebene, die weder vertikal noch horizontal war, sondern eher diagonal zwischen diesen beiden lag. Nach zwei Tagen schräge Stellung des Kopfes und Aufhören der Pendelschwingungen. Künstliche Ernährung. Die schräge Stellung wurde allmählich immer stärker. Die Sektion ergab verschiedene Veränderungen im Gehirn.

(Derartige Versuche sind wenig beweiskräftig, da im Verlauf von Monaten die Entzündung auch auf die übrigen Kanäle übergreifen konnte. Daher befanden sich auch bei der wiederholten Durchschneidung beide Labyrinthe nicht unter gleichen Bedingungen. Ref.)

b. Durchschneidung zuerst rechts unterhalb der Kreuzungsstelle.

Momentanes, schnell vorübergehendes Schütteln des Kopfes; schwankender Gang und Fallen nach hinten rechts. Keine Neigung zum Fliegen. Erbrechen.

Nach Aufhören des Erbrechens Durchschneidung links unterhalb der Kreuzungsstelle:

Momentanes Zusammenzucken während der Durchschneidung. Sofort wiederholtes Erbrechen. Stellung des Kopfes normal. Am folgenden Tage frifst das Tier von selbst.

Durchschneidung beider Frontales unterhalb der Kreuzungsstelle. Kein Erbrechen. Momentanes Schütteln des Kopfes, der bald die normale Stellung einnahm. Die Taube frafs von selbst.

Schnelle Durchschneidung beider Vertikalkanäle unterhalb der Kreuzungsstelle. Sofort trat das Bestreben auf, nach hinten überzufallen. Das Tier stützt sich auf den Schwanz. Keine Pendelschwingungen. Die Taube fliegt gern, so dafs es schwer ist, sie zu fangen. Beim Laufen plötzliches Überkugeln. Die Erscheinungen gingen bald vorüber.

Bornhardt.

Durchschnittsstelle nicht angegeben.

1. Nach Durchschneidung des linken Vertikalkanals zeigte die Taube die oben geschilderten Erscheinungen.

2. Nach Durchschneidung des rechten membranösen Vertikalkanals bemüht sich die Taube gerade zu gehen, aber die fortwährenden Zuckungen des Kopfes nach hinten hindern sie daran, weshalb sie den Kopf oft vornüber neigt. Sobald die Taube den Kopf in normaler Stellung hält, ist das Hintenüberwerfen des Kopfes wieder wahrzunehmen, und zwar nach hinten links oder nach hinten rechts. Schon nach einer Viertelstunde wird dies seltener.

3. Das Hintenüberwerfen des Kopfes geschieht um dessen Queraxe, in welcher Stellung er sich auch befinden mag.

4. Nachdem B. der Taube die Augen verbunden hatte, sah er, dafs die Bewegungen des Kopfes aufhörten: die Taube wurde sofort ruhig (schlief so zu sagen ein) und beugte sich mit dem Vorderteil des Rumpfes nach unten.

5. Wenn man mit dem Finger den Schnabel unterstützt, so drückt dieser kräftig nach unten.

6. Nachdem das Tier sich mit dem Schnabel, z. B. unter einem Flügel, geputzt hat, kehrt der Kopf nicht direkt wieder in seine normale Stellung zurück, sondern führt erst einige Schwankungen aus. Diese Schwankungen tragen den Charakter, als ob sich der Kopf um seine Queraxe drehte. Gleichzeitig mit der Bewegung des Kopfes tritt eine Bewegung der Augen in derselben Richtung auf.

Einen Tag später.

7. Die Bewegungen des Kopfes etwas schwächer. Statt beim Picken mit dem Schnabel auf den Boden zu fahren, macht das Tier mit dem Kopfe Kreisbewegungen, ohne den Boden zu erreichen.

8. Oft streckt es den Kopf soweit als möglich nach vorn, wahrscheinlich um dem Zucken nach hinten Widerstand entgegenzusetzen.

9. Wenn die Taube mit nach vorn ausgestrecktem Halse steht und ein Geräusch vernimmt, so will sie sich der Bewegung nach vorn anpassen und hebt den Kopf in die Höhe, jedoch viel zu hoch, so dafs sie Gefahr läuft, umzufallen.

10. Wird der Kopf der Taube beträchtlich nach hinten übergebogen und dann losgelassen, so vollführt er einige Bewegungen in der Vertikal-

ebene. Wird der Kopf seitwärts gebogen — was nur mit Mühe gelingt, da er mit Anstrengung in der Vertikalebene gehalten wird — und dann langsam losgelassen, so bleibt er in Ruhe; schnell losgelassen macht er Bewegungen in der Vertikalebene.

Bewegung und Stellung der Augen.

FLOURENS.

Die Augäpfel und die Augenlider führten andauernde heftige konvulsivische Bewegungen aus.

BORNHARDT.

Gleichzeitig mit den Bewegungen des Kopfes treten Bewegungen der Augen *in derselben Richtung* auf; sie werden stärker, wenn der Kopf am Schnabel *festgehalten* wird.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten und des Rumpfes.

FLOURENS.

Das Tier bewahrte in der Ruhe das Gleichgewicht; es stützte sich mit dem Schwanze auf den Boden, wobei in den meisten Fällen der gesenkte Kopf den Boden mit dem Scheitel berührte. Es konnte weder laufen noch fliegen. Gezwungenes (malgré lui) Überschlagen und Umfallen nach hinten auf den Rücken mit Stützen auf den Schwanz. Bisweilen *drehte sich* die Taube *lange* in dieser Richtung. Niemals drehte sie sich in ihrer Vertikalaxe (jamais sur lui-même).

CZERMAK.

Die Beine auseinandergespreizt. Der fächerförmig ausgebreitete Schwanz ist auf den Rücken gebogen und berührt den Kopf. Hintenüberschlagen.

BOETTCHER.

a. Nach der ein Vierteljahr später vorgenommenen Durchschneidung des zweiten linken Kanals: Sehr schwankender Gang mit der Neigung nach vorn zu fallen. Nach zwei Tagen ebenfalls Fallen nach vorn links. Starkes Einknicken des *linken* Beines mit einer Abweichung nach links ohne Zwangsbewegungen. (Der Fall ist nicht rein, wie oben bemerkt wurde. Ref.)

b. Durchschneidung beider Frontales unterhalb der Kreuzungsstellen.

Das Tier fällt jetzt beim Gehen nicht nach hinten rechts, sondern direkt nach hinten, wobei es sich auf den Schwanz stützt und sich überschlägt (culbute en arrière). Bei ruhigem Stehen sind keine Störungen wahrzunehmen. Am folgenden Tage festerer Gang.

In einem andern Falle blieb die Fähigkeit zu fliegen erhalten; dafür bemerkte man beim Gehen Fallen direkt nach hinten.

BORNHARDT.

Durchschnittsstelle nicht angegeben.

1. Die Taube geht wenig und kann nicht fliegen. Beim Gehen bemerkt man bisweilen ein öfteres leichtes Niederducken, das offenbar in der Absicht geschieht, dem auf den Rumpf von vorn oben nach unten hinten wirkenden Zuge entgegenzuwirken.

2. Bisweilen geht die Taube an einen Schemel und legt den Kopf unter die Querleiste desselben, um wahrscheinlich das Zurückwerfen des Kopfes zu verhindern.

3. Sie kann eine halbe Stunde lang auf einem Beine stehen, namentlich auf dem rechten.

Bewegung und Stellung der oberen Extremitäten.

Flourens.

Die Taube konnte nicht fliegen. In die Luft geworfen, fiel sie nach einigen unbeholfenen Bewegungen der Füfse und der Flügel bei vollkommener Unbeweglichkeit des Körpers wie eine träge Masse nieder.

Czermak. Wie Flourens.

Boettcher.

Durchschneidung unterhalb der Kreuzungsstelle. Am folgenden Tage: Emporgeworfen, überschlägt sich die Taube um ihre Queraxe, fällt jedoch nicht wie ein toter Körper, sondern bedient sich hierbei ihrer Flügel. In einem andern Falle blieb die Fähigkeit des Fliegens erhalten, dafür zeigte sich beim Gehen Neigung, direkt nach hinten zu fallen.

Bornhardt.

1. Die Taube geht wenig und kann nicht fliegen. Am folgenden Tage kann sie mit Leichtigkeit hüpfen und bisweilen niedrig fliegen. In diesen Fällen stiefs sie mit der Brust an die Wand (folglich dreht sich der Rumpf beim Fliegen um seine Queraxe, mit dem vordern Teile nach oben).

2. Einen Tag später. Beim Fliegen hält die Taube den Rumpf vertikal. Die Art und Weise des Flugs ist dieselbe, nur ist sie stärker ausgeprägt; die Bewegungen des Kopfes indes sind etwas schwächer. Beim Fliegen fällt sie oft auf den Vorderteil des Rumpfes und auf den Kopf, den sie, mit dem Schnabel nach oben, etwas hoch hält.

3. Bisweilen fällt sie auf den Schwanzteil, indem sie sich fast vertikal stellt. Auch während des Fluges hält sie sich vertikal in der Luft, während Tauben mit durchschnittenenen Horizontalkanälen sich oft in der Luft schwebend erhalten, aber sich nicht vorwärts bewegen.

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Das Tier lebte ungefähr ein Jahr. Es konnte fressen und trinken, trotz der aufserordentlichen Anstrengungen, die es ausführen mufste, um den Schnabel zu dirigieren und mit demselben das Futter oder das Trinkwasser zu treffen. Fliegen konnte es niemals. Beschleunigung des Schrittes war von Hinfallen oder Überschlagen auf den Rücken begleitet. Es safs immer auf ein und derselben Stelle, wobei es sich mit dem Scheitel des gesenkten Kopfes gegen den Boden oder gegen die Querstange des Käfigs stemmte.

Cyon und Solucha.

Die konsekutiven Erscheinungen nach 3 — 4 Tagen, wie nach der Durchschneidung der beiden *Horizontalkanäle*. Nur findet hier öfter ein letaler Ausgang statt.

Boettcher.

Allmähliches Schwächerwerden aller Erscheinungen: die Taube knickt seltener zusammen, fliegt besser, erhebt sich von selbst auf einen niedrigen Schrank, um zu fressen. Bisweilen überschlägt sie sich beim Fliegen plötzlich. Auf einmal aber zeigten sich Vertikalbewegungen des Kopfes und Rotationsbewegungen um die Längsaxe; infolgedessen hörte die Taube auf zu fliegen und fiel wie ein lebloser Körper nieder. Bei der Sektion ergaben sich keine bemerkenswerten Veränderungen im Gehirn.

In einem andern Falle: Nach 3 Tagen traten Pendelschwingungen in der Vertikalebene auf. Zuweilen erfolgten Zwangsbewegungen nach links

(die *linke* Seite war *zuletzt* operiert worden). Fliegen konnte die Taube nicht. Beim Niederfallen drehte sie sich um die Queraxe. Danach trat linksseitige Torsion des Kopfes auf. In tiefer Chloroformnarkose gelang es, den Kopf wieder nach rechts zurückzudrehen. Mit dem Aufhören der Narkose kehrte er in seine frühere Stellung zurück. Bei der Sektion wurden grofse Veränderungen im Gehirn festgestellt.

Berthold.

Nach einigen Monaten machte die operierte Taube keine Versuche, sich emporzuschwingen.

Durchschneidung des Frontalkanals an anderen Stellen.

Flourens.

Bei den angeführten Versuchen führte Flourens die Durchschneidung der Frontalkanäle *unterhalb* der Stelle aus, an der sie sich mit dem Vertikalkanal kreuzen.

Durchschneidung *oberhalb* der Kreuzungsstelle ergab annähernd die nämlichen Resultate.

Gleichzeitige Durchschneidung ober- und unterhalb der Kreuzungsstelle ergab dieselben Resultate, doch traten alle Bewegungen des Kopfes stärker auf, als bei Durchschneidung an einer Stelle.

Canalis semicircularis sagittalis sinister.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Durchschnittsstelle nicht angegeben. Leichte, aber schnelle und nicht andauernde Bewegung des Kopfes *von oben nach unten* und *von unten nach oben*. Sie verschwand, trat jedoch bald wieder auf.

Cyon und Solucha.

Stellten infolge der jedesmal auftretenden Blutung diesen Versuch nicht an.

Boettcher.

Durchschneidung *hinten unten* über der Ausgangsstelle des Kanals. Der Kopf änderte seine Stellung nicht. Pendelbewegungen waren nicht vorhanden.

Cyon 1878.

Unmittelbar nach der Durchschneidung führt die Taube eine oder zwei Bewegungen mit dem Kopfe aus, indem sie ihn *von hinten nach vorn* und *von rechts nach links* oder *umgekehrt* richtet. Diese Bewegungen erinnern an diejenigen, welche die Taube beim Gehen gewöhnlich vollführt; hier wurden sie jedoch in der Diagonalebene ausgeführt.

Bewegung und Stellung der Augen.

Darüber liegen keine Beobachtungen vor.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten und des Rumpfes.

Flourens.

Die Taube ging und stand, ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Zeitweise fiel sie *nach vorn* über.

Boettcher.
Sie geht frei. Momentanes Bestreben sich *nach vorn* zu überkugeln.

Bewegung und Stellung der oberen Extremitäten.

Boettcher.
Flug ungestört. Bisweilen zeigt die Taube das Bestreben, sich *nach vorn* zu überkugeln.

Folgeerscheinungen.

Boettcher.
Nach 3 Tagen ist die Neigung zum Überkugeln verschwunden. Die Taube geht, läuft und fliegt wie im gesunden Zustande.

Canales semicirculares 2 sagittales sinister et dexter.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.
Starke und schnelle Bewegung des Kopfes *von oben nach unten* und *von unten nach oben* nebst Störung des Gleichgewichts. Zuweilen hört sie im Ruhezustande auf und erneuert sich erst während der Bewegung. Überkugeln *nach vorn*.

Czermak. Wie Flourens.

Vulpian.
Totaldurchschneidung des Kanals:
Wie Flourens. Um das Gleichgewicht zu erhalten, stemmt sich die Taube mit dem Scheitel gegen den Boden.

Solucha und Cyon.
Es konnten keine Beobachtungen angestellt werden, da die Durchschneidung von starker Blutung begleitet war und auch das Kleinhirn verletzt wurde.

Cyon 1878.
Starke Bewegungen des Kopfes in der Diagonalebene von *hinten nach vorn* und von *rechts nach links* und umgekehrt. Die Bewegung des Rumpfes erfolgt wie bei den Frontalkanälen um die Queraxe und ist mit Überschlagen verbunden, das jedoch nicht auf den Schwanz, sondern *nach vorn* auf den Kopf erfolgt.

Bewegung und Stellung der Augen.

Flourens.
Drehung der Augäpfel und konvulsivisches Zucken der Lider.
Die Stärke dieser Bewegungen war der Stärke der Kopfbewegung proportional.

Bewegung und Stellung der unteren Extremitäten und des Rumpfes.

Flourens.
Überstürzen nur *nach vorn*, Fallen auf den Kopf ohne Drehung um eine Axe.

Cyon 1878.

Der Verlust des Gleichgewichts trat beim Gehen weit stärker als nach Durchschneidung der anderen Kanäle hervor. Überstürzen *nach vorn.*

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Die Taube lebte circa 1 Jahr in dem geschilderten Zustande.

Canalis semicircularis horizontalis sinister et frontalis dexter.

Boettcher.

1. a. Durchschneidung des *rechten membranösen Frontalkanals* oberhalb der Kreuzungestelle nach vorheriger Eröffnung des knöchernen Kanals mit dem Skalpell. Die Operation wurde sehr sauber ohne Blutung ausgeführt.

Die freigelassene Taube hat einen leicht schwankenden Gang ohne Veränderung der Kopfstellung. Auf der Stuhllehne hält sie sich im Gleichgewicht.

Nach zwei Tagen sind die Störungen beim Gehen fast ganz verschwunden. Die Taube fliegt von selbst.

b. Am 4. Tage wurde auch der *linke horizontale* Kanal hinter der Kreuzungsstelle mit Erfolg durchschnitten und die Wunde vernäht.

Das Tier geht, hält dabei den Kopf gerade und führt keine Pendelbewegungen aus. Es geht ohne Störung des Gleichgewichts. Vom Tisch fliegt es herab und setzt sich langsam ohne alle Drehungen auf den Boden. Auf der Stuhllehne erhält es sich beim Hin- und Herschaukeln im Gleichgewicht.

2. a. Durchschneidung des Can. front. dext. *oberhalb* der Kreuzungsstelle.

Erscheinungen wie oben geschildert. — Nach 5 Monaten war alles vorüber: Gang und Flug dann wieder normal.

b. Durchschneidung des Can. hor. sin. *vor* der Kreuzungsstelle. Starke Blutung.

Gerade und ruhige Stellung des Kopfes. Unsicherer schwankender Gang, zuweilen Zwangsbewegungen *nach links.* Künstliche Ernährung. — Nach 2 Tagen Zwangsbewegungen *nach links.* Die Taube gurrt munter. Bisweilen stofsartige Bewegung nach rechts. Flug unverändert. Ungefähr einen Monat später sind alle Erscheinungen verschwunden: Flug und Gang tadellos. — Bald darauf trat Torsion des Kopfes nebst Drehbewegungen auf.

Die Sektion ergab nur Hyperämie des Gehirns.

Bornhardt.

Die Schnittstelle ist nicht angegeben.

1. Nach Durchschneidung des Horizontalkanals Erscheinungen wie auf S. 225.

2. Während der Durchschneidung des *rechten* Vertikalkanals bog sich der Kopf krampfhaft nach unten vorn, so dafs der Schnabel nach oben hinten links gerichtet war.

3. Nach Durchschneidung des Vertikalkanals wurde die Taube auf den Tisch gesetzt; sofort trat Hintenüberwerfen des Kopfes auf; der Rumpf folgte diesen ruckweisen Bewegungen des Kopfes selten; nur beim Gehen fiel das Tier bisweilen nach hinten rechts. Zuweilen drehte sich das Tier im Kreise nach rechts, öfter jedoch nach links.

4. Eine Viertelstunde später: Die Taube zieht es vor, auf der Querleiste des Schemels zu stehen; auf dieselbe hinaufgesprungen, hält sie mit den Flügeln das Gleichgewicht.

5. Sie geht und läuft sehr gut geradeaus, zieht es aber vor, zu stehen.

6. Bei einigen Tauben tritt Schwäche der Extremitäten auf, entsprechend der Durchschneidung des Vertikal- und des Horizontalkanals. Pendelbewegungen werden nicht wahrgenommen, dagegen tritt das Überwerfen des Kopfes nach hinten rechts stets auf.

7. Trat B. an die Taube heran, so suchte sie der Gewohnheit gemäfs den Kopf vorwärts zu strecken; dabei erfolgte Hintenüberwerfen desselben.

8. Die Taube wird einmal nach *links*, einmal nach *rechts* gezogen.

9. Beginnt der Zug nach links auf die Taube zu wirken, so sucht sie, wenn auch mit Mühe, diesem Zuge entgegenzuwirken und richtet Kopf und Rumpf nach rechts; bisweilen macht sie eine oder zwei Umdrehungen *nach rechts*.

Eine Stunde später.

10. Nur im Ruhezustande ist schwaches Hintenüberwerfen des Kopfes wahrzunehmen.

11. Die Taube geht ganz *regelmäfsig* in gerader Richtung.

12. Wenn das Tier nach einer *Rechts*drehung festgehalten wird, zeigen sich Bewegungen des Kopfes *nach links*; diese Bewegungen sind *schwach* und hören bald auf.

13. Wird das Tier nach einer *Links*drehung festgehalten, so zeigen sich die nämlichen Bewegungen des Kopfes, wie bei einer nicht operierten Taube.

Am folgenden Tage.

14. Die Taube dreht sich bisweilen nach rechts, aber unverhältnismäfsig häufiger nach links herum.

15. Der Kopf wird bisweilen, jedoch schwach, nach hinten übergeworfen.

16. Das Tier fliegt gut, wobei es sich etwas nach links herumdreht und bisweilen sich mit dem Rumpfe vertikal stellt.

Berthold.

Die Schnittstelle wird nicht angegeben. Die Bewegungen des Kopfes sind aus horizontalen und vertikalen Bewegungen kombiniert. Der Kopf beschreibt die Figur einer liegenden 8 (∞).

Cyon 1878.

Wird auf der einen Seite der Horizontal- und auf der andern der Vertikalkanal durchschnitten, so werden Bewegungsstörungen nicht wahrgenommen.

Canalis semicircularis horizontalis sinister et sagittalis dexter.

Boettcher.

a. Zuerst Durchschneidung des Can. sagitt. sin. von hinten nach unten.

Die Erscheinungen sind oben S. 225 zusammengestellt. Als nach 20 Tagen alle Erscheinungen verschwunden waren, wurde der Horizontalkanal durchschnitten.

b. Durchschneidung des Can. horiz. dext. vor der Kreuzungsstelle.

Sofort heftige Pendelschwingungen *von vorn links nach hinten rechts*. Ungewöhnlich schwankender Gang und Umfallen nach der operierten Seite hin. Am nächsten Tage abwechselnd mit den Pendelschwingungen kurze Zuckungen des Kopfes, die im Zustande der Erregung auftraten. Gang unsicher. Das Tier drückt sich, Stützpunkte suchend, an die Wand. Nach einiger Zeit haben die Schwingungen aufgehört. Die Taube geht gut und frifst von selbst. Will man sie greifen, so macht sie keine Anstrengungeu davonzulaufen. Die Fähigkeit zu fliegen ist verloren gegangen. Emporgeworfen, fällt die Taube wie ein Stein nieder. Kopfstellung normal. Der Gang ist fester geworden.

Canalis semicircularis frontalis sinister et sagittalis dexter

oder

frontalis dexter et sagittalis sinister.

Breuer (1875).

Durchschneidung zweier ungleichnamiger Kanäle unter Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln.

Die Erscheinungen bei Durchschneidung zweier gleichnamiger Kanäle sind andere, als bei Durchschneidung zweier ungleichnamiger Kanäle. Werden z. B. *der linke Frontal-* und *der rechte Sagittalkanal* durchschnitten, so zeigt sich starkes pendelartiges gleichmäfsiges Hin- und Herschwingen des Kopfes nach beiden Seiten *von hinten links* nach *vorn rechts*; das Tier knickt nach *unten links* ein ein oder fällt nach *vorn rechts*. Die Erscheinungen erinnern vollständig an die Durchschneidung zweier Horizontalkanäle, mit dem Unterschiede, dafs die Schwingungen in diesem Falle nicht in einer Horizontal-, sondern in einer diagonalen Vertikalebene vor sich gehen.

Das Umgekehrte beobachtet man bei Verletzung des andern Paares ungleichnamiger Kanäle (des rechten frontalen und des linken sagittalen): der Kopf schwingt von hinten rechts nach vorn links. Selbst wenn die Kopfstellung geändert wird, geschehen die Schwingungsbewegungen doch in den angegebenen Ebenen.

Folgerung: *Je zwei ungleichnamige vertikale Bogengänge stehen in demselben funktionellen Verhältnis, wie die zwei horizontalen. Die Ebenen, in welchen der Kopf durch die Bogengänge orientiert ist, sind: eine horizontale und zwei diagonale senkrechte.*

Durchschneidung der Kanäle nimmt den Tieren die Fähigkeit, sich innerhalb der betreffenden Ebenen zu orientieren.

Auf die erwähnten Lagen der Richtungsebenen wiesen zuerst Crum Brown und Mach auf Grund der anatomischen Beschaffenheit der Kanäle hin.

Cyon 1878.

Durchschneidung eines jeden der eben erwähnten Kanäle ruft nur schnell vorübergehende leichte Erscheinungen hervor. Es bleibt nur eine geringe Unsicherheit beim Gehen zurück, doch auch sie hält nicht lange an.

Canales semicirculares 2 horizontales et 2 frontales.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Vermischte Erscheinungen. Kräftige und ruckweise (brusques) Bewegungen des Kopfes in einer Horizontal- und in einer Vertikalebene. Hierbei herrscht die horizontale Richtung vor, infolgedessen sich das Tier um seine Axe drehte.

Solucha und Cyon. Wie Flourens.

Zwangsbewegungen. Hintenüberwerfen des ganzen Körpers über den Schwanz. Besonders charakteristisch sind die Bewegungen des Kopfes, die *von vorn rechts nach hinten links* und zurück, oder in umgekehrter Richtung ausgeführt werden. Diese Bewegung kann man schraubenförmig nennen, da das Tier den Eindruck macht, als ob es seinen Schnabel in den Boden einschrauben wollte. Vollständige Störung des Gleichgewichts. Jedes Bestreben, sich zu bewegen, ist von allgemeinen Störungen begleitet. Ernährung künstlich. Nach 3—4 Tagen sitzt die Taube ruhig, stützt sich mit dem Hinterkopf auf den Boden und hat den Schnabel nach oben gedreht. Die Bewegungen sind sehr desorganisiert, ähnlich wie bei der Reizung des Kleinhirns. Innerhalb 4 – 8 Tagen verendeten alle Tiere infolge eitriger Entzündung des Kleinhirns. Wenn man den Kopf mittels eines Pappstreifens fixierte, hielt sich das Tier nur auf unebenem oder leicht nachgebendem Boden im Gleichgewicht.

Canales semicirculares 2 frontales et 2 sagittales.

Flourens.

Gleichzeitige Durchschneidung aller Kanäle. Aufserst heftige und ungeordnete Bewegungen des Kopfes in verschiedenen Richtungen: *von oben rechts nach unten links* (*von unten* links *nach oben* rechts) und zurück. Dieselben störten das Gleichgewicht des Körpers gänzlich; das Tier kam erst dann zur Ruhe, wenn es sich mit dem Kopfe auf den Boden stützte.

2 canales semicirculares derselben Seite.

Böttcher 1874.

Freilegung des von den Kanälen gebildeten Kreuzes. Durchschneidung der linken Kanäle, des frontalen über, des horizontalen vor der Kreuzungsstelle. Starke Blutung.

Unmittelbar nach der Operation gerade und ruhige Stellung des Kopfes. Dagegen sehr merkliche Unsicherheit im Gebrauch des linken Beines; beim Gehen knickt das Bein so stark ein, dafs sich die Taube auf den linken ausgebreiteten Flügel stützt. In den Zwischenräumen geht sie ruhig vorwärts. Beim Fliegen dieselben Erscheinungen: bald geht der Flug in gerader Richtung, bald in einem unvollständigen Kreise vor sich. In kurzer Zeit sind alle die geschilderten Erscheinungen verschwunden.

Cyon 1878.

Nach Durchschneidung zweier Kanäle derselben Seite treten keine anderen Bewegungen auf, als einige Kopfschwingungen unmittelbar nach der Durchschneidung.

Selbst wenn man an der Taube alle Bogengänge einer Seite durchschneidet, so bemerkt man nur temporäre Folgen der Operation, und zwar einige Zwangsbewegungen, bei denen der Kopf nach der operierten Seite gewendet wird, und endlich Stolpern bei zu schneller Gangart. Gewöhnlich verschwinden alle diese Symptome schon am nächsten Tage, worauf es sehr schwer ist, die operierte Taube von einer ganz normalen zu unterscheiden.

Spamer.

Nach Durchschneidung des frontalen membranösen Kanals tritt Schwanken beim Gehen und Neigung, sich nach der verwundeten Seite hin zu drehen, auf. Nach Durchschneidung des Horizontalkanals derselben Seite begann das Tier von neuem geradeaus zu gehen, sogar mit einer geringen Schwankung nach der gesunden Seite. Von selbst können die Tauben sehr selten, und dann nicht hoch, emporfliegen; bald nach der Operation laufen sie ganz gut und schnell, ohne nach der einen oder andern Seite zu schwanken. Auf dem Finger hielten sie sich ausgezeichnet im Gleichgewicht (also gleich dem Boettcherschen Resultat).

Canales semicirculares 3; horizontalis, frontalis et sagittalis.

Cyon 1878.

Gleichzeitige Durchschneidung der Horizontal- und Vertikalkanäle ruft noch stärkere Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes hervor. Es ist sehr schwer, den Charakter der Kopfbewegungen wiederzugeben; bald waren sie von unten nach oben und von oben nach unten, bald von rechts nach links und umgekehrt gerichtet. Sehr oft beobachtet man eine Bewegung, die gewissermafsen die Resultierende der soeben erwähnten Bewegungen ist. So z. B. fährt der Kopf von rechts oben nach links unten und umgekehrt; die Taube führt demnach eine an das Zeichen ∞ erinnernde Bewegung aus. Wenn die Tauben auch die letzte Operation überstanden, so blieben fast immer Unfähigkeit, sich im Gleichgewicht zu erhalten, sowie einige unwillkürliche Bewegungen zurück.

Spamer 1880.

Werden alle drei Kanäle der Reihe nach durchschnitten, so beobachtet man erst bei der Durchschneidung des dritten einige krampfhafte, nach der Seite der Verletzung hin gerichtete Zuckungen des Kopfes. Vollständiger Verlust des Flugvermögens, sehr schwankender Gang, Kreisbewegung und Drehung nach der verletzten Seite beim Laufen. Kreisbewegungen nach der entgegengesetzten Seite hervorzurufen, ist unmöglich. Nach 5 Minuten gehen die Tauben wieder ganz gerade und drehen sich nur in vereinzelten Fällen auf einige Zeit nach der entgegengesetzten Seite. Erst nach einigen Stunden versucht der Vogel aufzufliegen.

Canales semicirculares 6; horizontales frontales et sagittales.

Cyon 1878.

Die Durchschneidung aller 6 Kanäle gelingt fast ohne Blutverlust.

Es können alle 6 membranösen Kanäle mit ihren Ampullen durch kleine Öffnungen *herausgezogen* werden.

Die Wirkung der Durchschneidung aller 6 Kanäle ist auffallend: es ist unmöglich, von den nach dieser Durchschneidung ausgeführten ununterbrochenen Bewegungen einen Begriff zu geben; die Taube kann weder stehen noch liegen, noch überhaupt irgend eine kombinierte Bewegung, welcher Art sie auch sein mag, ausführen; ebenso ist es ihr unmöglich, auch nur auf einen Augenblick in der Lage, die sie gerade einnimmt, zu verharren. Alle Muskeln des Körpers kontrahieren sich stark, sie überkugelt sich bald rücklings, bald kopfüber, dreht sich um ihre Längsaxe, springt in die Luft, fällt zu Boden und beginnt dieselben Bewegungen von neuem. Hält man den Kopf nicht nachdrücklich fest, so stöfst sie ihn sich an dem ersten sich bietenden Hindernis ein. Es bedurfte einer ziemlich grofsen Anstrengung, um sie ruhig zu halten.

Damit die Tauben am Leben bleiben, mufs man sie in ein Handtuch wickeln und in ein Kästchen legen. Selbst trotz dieser Vorsichtsmafsregeln geschah es, dafs man die Taube tot in einer Ecke fand. In diesen Fällen wurde durch die Sektion ein starker, durch die heftigen Stöfse des Kopfes gegen den Boden verursachter Blutergufs in die Gehirnhäute konstatiert. Bei solchen Tauben war die Kraft der Muskelkontraktion sehr grofs.

In glücklichen Fällen kann man bereits nach 3—4 Tagen die Taube von der Umwickelung befreien. Die Unfähigkeit, zu stehen und zu gehen, dauert fort. Die Konvulsionen sind weit schwächer, und die Taube kommt ohne fremde Hilfe zur Ruhe.

Nach 10—15 Tagen verharrt sie mit Hilfe von drei Stützpunkten in der einmal angenommenen Stellung. Jede Änderung der Stellung ist von unwillkürlichen Bewegungen begleitet, welche die Taube schon leicht von selbst unterdrückt. In dieser Periode erinnert die Taube, zu Boden gelassen, ihrem Ansehen nach an ein Tier, das stehen, gehen u. ä. zu lernen anfängt, sie bedarf aber der Mitwirkung aller ihrer Sinnesorgane, insonderheit des Gesichtsorgans. Wird letzteres dadurch, dafs man dem Tiere ein Säckchen über den Kopf streift, ausgeschaltet, so kehrt der nach der Operation beobachtete Zustand wieder zurück. Erst nach einigen Monaten kann die Taube fast wie ein normales Tier gehen und stehen. Sie führt alle Bewegungen aus, doch zeichnen sich dieselben stets durch Ungeschicktheit und Unsicherheit aus. Ihr Gang ist langsam. Das Flugvermögen ist auf immer verloren. Am liebsten sitzt die Taube unbeweglich in irgend einer Ecke. Stöfst man sie, so tritt sofort ein Anfall von unwillkürlichen Bewegungen auf, welche die Taube nur mit Mühe überwindet, da es ihr bei der schnellen unwillkürlichen Bewegung nicht gelingt, ihre bewufsten Bewegungen auszuführen.

Viele Tauben verendeten bereits einige Tage nach der Operation.

Spamer.

Nach Durchschneidung eines jeden Kanals werden die Störungen immer stärker und stärker; nach Durchschneidung der 6 Kanäle beobachtete man einen sehr schwankenden Gang, häufig völliges Überkippen beim Gehen nach

vorn und seitwärts. Erscheinungen von Agoraphobie: die Tiere sind durch kein Reizmittel zu bewegen, durch das Zimmer zu gehen, sie drücken sich die ganze Zeit über krampfhaft an die Wände. Eine ähnliche Erscheinung wurde bei den anderen Versuchen kein einziges Mal wahrgenommen. Auf die Seite gelegt, verblieb das Tier nahezu einige Minuten in dieser Lage. Von Fliegen kann keine Rede sein; in die Luft geworfen, erreichte die Taube den Boden teils fallend, teils fliegend. Nach einigen Minuten konnte sie auf dem Finger balancieren.

Die Unsicherheit in den Bewegungen des Tieres wird nach einigen Minuten merklich schwächer, verschwindet jedoch endgültig erst nach einigen Wochen und Monaten; es bleibt nur eine gewisse Hast und Ungleichmäfsigkeit in den Bewegungen zurück. Das Flugvermögen ist für immer verloren; ungeachtet der verstärkten Arbeit der Flügel konnte sich die Taube mit Mühe nur $^1/_4$ m hoch erheben.

Kurze Zeit nach Durchschneidung eines Bogenganges wird die Richtung der Kopfbewegung umgekehrt.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Nach Durchschneidung des Horizontalkanals beschreibt das Tier Kreise *nach der verletzten Seite hin*. In mäfsig hypnotischem Zustande oder mit verbundenen Augen und fixiertem Rumpfe bewegen die Tauben den Kopf langsam nach dieser Seite; bisweilen wiederholt sich diese Bewegung einigemal.

Nach Durchschneidung des Frontalkanals knickt der Vogel nach der Seite *der Verletzung* und *nach hinten* ein. Selbst in der Hypnose beobachtet man Schwanken des Kopfes in derselben Richtung.

Nach Durchschneidung des Sagittalkanals schwankt der Kopf nach der *verletzten* Seite und *nach vorn*. Die Bewegungen sind demnach entgegengesetzt jenen, welche *unmittelbar* der Durchschneidung folgen.

Werden die Kanäle nur durch Stechen gereizt, so ist die unmittelbar eintretende Reaktion sehr kurz. Nach einiger Zeit tritt die *umgekehrte Bewegung* ein. Durch viele Beobachter ist konstatiert worden, dafs bei sehr vorsichtiger einseitiger Verletzung an einem muntern und sehenden Tier diese Folgeerscheinung in einem selten auftretenden Einknicken der Beine und schwachen rechts- und linksseitigen Drehungen besteht.

Wie ist diese Erscheinung zu erklären? Man kann annehmen, dafs die umgekehrte Bewegung nicht durch den durchschnittenen, sondern durch den Kanal der gesunden Seite veranlafst wird. In letzterem Falle mufs die Lymphe, die von den Blutgefäfsen beständig abgesondert wird, ungefähr so, wie der humor aquaeus aus denen der Iris, ununterbrochen, wenn auch sehr langsam, aus dem Kanal in den utriculus und von hier durch den aquaeductus vestibili weiter strömen.

Ein solches leisestes Strömen kann als *kontinuirlicher Reiz* wirken. Bei Intaktheit beider Vestibularapparate halten sich beide Strömungen gegenseitig im Gleichgewicht. Nach Wegfall des Apparats der einen Seite beginnt der unversehrte Apparat der anderen infolge seines *Eigenreizes* allein seine Wirkung zu äufsern. Die Berechtigung der ausgesprochenen Vermutung wird durch Versuche bestätigt.

Das ganze membranöse Vestibulum in leichter Äthernarkose *links* entfernt. Ca. drei Tage darauf wurde nach dem Verschwinden der Reizungssymptome der *rechte* Sagittalkanal in dem vorn oben liegenden Quadranten in der Narkose aufpräpariert. Nach völligem Erwachen aus der Narkose wird eine

geschwärzte Nadel in diesen Kanal eingestochen. Es erfolgte eine Bewegung des Kopfes *nach rechts vorne*, die sich einigemal nach Einführung der Nadelspitze in die Stichöffnung wiederholte. Bei der ruhig sitzenden Taube dreht sich der Kopf oft auf einige Zeit *nach links*. Nun wird der Kanal mit dem Messer durchschnitten. Bewegung des Kopfes *nach hinten links*. Die Taube geht, indem sie enge Kreise *nach links* und *nach hinten* beschreibt, indem sie zurückgeht, aber das Schwanzende dabei stets nach rechts dreht. Dabei ist der Kopf so weit nach *links* verdreht, dafs der Scheitel den Boden berührt.

Genau dieselben Versuche wurden mit dem linken Frontalkanal und den Horizontalkanälen angestellt.

Nach linksseitiger Entfernung des Vestibularapparats und Durchschneidung des rechten Frontal- und des rechten Horizontalkanals erfolgten Drehung des Kopfes und Zwangsbewegungen nur nach *links*.

Wenn demnach nur der Bogenapparat einer Seite vorhanden ist, und hier ein Kanal durchschnitten wird, so werden nur Folgen eines groben mechanischen Eingriffs beobachtet, nämlich eine *Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite*. Die umgekehrte Bewegung wird in diesem Falle nicht beobachtet. Hieraus ist ersichtlich, dafs bei Exstirpation des Vestibularapparats einer Seite die umgekehrten Bewegungen ausbleiben; die Bewegungen geschehen eben nur nach der Seite des exstirpierten Organs hin.

Breuer gelangt zu folgenden Schlüssen:

„Mechanische Insultierung ruft an allen Kanälen Bewegungen in der Ebene des betreffenden Ganges und nach der anderen Seite hervor. Ist dabei der häutige Gang eröffnet worden, so wird die Richtung der Bewegungen nach kurzer Zeit umgekehrt und sie erfolgen nach der verletzten Seite.

Ist der Vestibularapparat der anderen Seite exstirpiert, so bleibt diese Umkehrung aus: die Bewegungen erfolgen nur nach der anderen (Exstirpations-)Seite."

Man bemerkt einen scharfen Unterschied zwischen den Bewegungen, welche man bei Manipulationen erhält, die den funktionellen Reiz nachahmen (Aufpressen von Papier), und den Folgeerscheinungen, welche bei groben Insulten wie Zerrung (z. B. Zerrung bei Durchschneidung mit der Schere) der Kanäle und Ampullen mit ihren Nervenendigungen beobachtet werden.

---

11. Ausschneidung eines Stücks aus dem membranösen Kanal oder möglichst vollständige Entfernung eines Kanals auf einer Seite.

Spamer 1880.

Nach Entfernung eines annähernd 3 mm grofsen Stücks aus einem beliebigen Kanale waren die Störungserscheinungen unbedeutend. In einigen Fällen, besonders nach Entfernung von Stücken aus dem Horizontalkanal, bemerkte man verminderte Neigung zum Fliegen und Emporschwingen. Lauf regelmäfsig und hastig; Schwanken nach der operierten Seite hin. Die Taube balanciert gut und kann bis zur Decke fliegen.

Nach Entfernung eines Stückes von $^3/_4$ cm Länge aus dem Horizontalkanal: Lauf nicht gestört; Neigung, nach der operierten Seite zu schwanken; Bestreben, unbeweglich auf einer Stelle zu bleiben; Gleichtgewicht erhalten. Emporgeworfen, fliegt die Taube auf den Boden nieder. Sie kann erst nach 5 Minuten und auch nicht höher als $^1/_4$ m auffliegen.

Ausschneiden von Stücken nach vorherigem Elektrisieren der Kanäle war von denselben Störungen begleitet, nur traten diese in weit stärkerem Grade auf: merkliches Überneigen und bisweilen Umfallen nach der Seite

der Verletzung selbst während des Stehens; ausnahmsweises Drehen nach derselben Seite hin. Nach 5 - 10 Minuten waren alle Erscheinungen fast verschwunden.

Eine Stunde nach sauberer Entfernung des ganzen Bogenganges ist es schwer, etwas Besonderes in den Bewegungen des Tieres wahrzunehmen, es fliegt und läuft ausnahmslos leicht und flink bei zeitweise eintretender Schwäche in den Extremitäten.

12. Ausschneidung von Stücken aus den membranösen Kanälen oder vollständige Entfernung derselben auf nur einer Seite.

Spamer 1880.

Bei dieser Art der Operation sind die Störungen in ihrer Intensität viel verschiedener, als bei dem so oben geschilderten Verfahren. Eine derartige Erscheinung mufs man in Zusammenhang mit der Verletzung der Nachbarteile, insbesondere der beiden Aquädukte oder der Eröffnung der Schädelhöhle bringen. Teilweise Zerstörung zweier Kanäle ruft *schwächere* Störungen hervor, als gänzliche Entfernung (Extraktion) eines Kanals samt seinen Ampullen. Die Stücke, welche herausgeschnitten wurden, betrugen 3—5 mm. Nicht selten war das Herausschneiden des zweiten Stückes aus dem andern Kanal von keinen neuen Erscheinungen begleitet. Die Tiere liefen gut. Die Unsicherheit in den Bewegungen (Einknicken der Beine) trat deutlich auf. In den ersten Minuten nach der Operation konnten die Tiere gar nicht fliegen: emporgeworfen, fielen sie schwerfällig zu Boden. Nach 5—13 Minuten konnten sie bereits fliegen und erhoben sich 1 m hoch unter Drehung nach der Seite der Verwundung. Schwäche in den Beinen wurde dann bemerkbar, wenn die Tauben den Kopf kräftig emporstreckten. Am Tage nach der Operation konnten sie bereits bis an die Decke fliegen und nach allen Richtungen laufen, selbst nach Entfernung der ganzen Kreuzungsstelle.

Ausschneiden grofser Stücke aus den Kanälen, wobei an jedem Kanal auch die Ampulle entfernt wird. Das Tier hat das Bestreben, nach der Seite der Verwundung sich zu drehen. Oft beschreibt es beim Jagen Kreise nach dieser Seite hin. Bemerkt wird Umfallen in der gleichen Richtung nebst Einknicken des entsprechenden Beines. Bisweilen beobachtet man in diesen Fällen nach ca. 5 Minuten eine Neigung, sich nach der *gesunden* Seite zu drehen; doch dauert diese nur einige Minuten, worauf die Tiere manchmal Bewegungen nach der verletzten Seite hin auszuführen beginnen. Letztere Erscheinung wird auch am folgenden Tage wahrgenommen. Die Tiere fliegen bei nicht allzu bedeutender Zerstörung meist ganz gut, aber stets auf den Boden herab.

Entfernung von 3—4 mm langen Stückchen aus allen drei Kanälen der einen Seite verursacht anfangs bedeutende allgemeine Unsicherheit beim Gehen nebst Taumeln nach allen Seiten. Doch schon nach einigen Minuten kann die Taube laufen, wobei sie Kreise nach der Seite der Verletzung beschreibt. Sie kann bald nach der Operation $^1/_2$ m hoch fliegen, wobei sie immer Kreise nach der verletzten Seite hin beschreibt. In die Luft geworfen, läfst sie sich nieder. Am folgenden Tage, nach sauber ausgeführter Operation, erhebt sich die Taube ziemlich hoch. Auf dem Finger balanciert sie selbst in den ersten Minuten, wobei das Bein der operierten Seite meist ungeschickter scheint als das andere. Nach 24 Stunden können diese Tiere so schnell fliegen und laufen, dafs es schwer ist, sie einzufangen. Beim Fliegen (2 m) stofsen sie leicht gegen die umgebenden Gegenstände an.

An den folgenden Tagen ist letzteres immer sehr stark ausgeprägt, sofern überhaupt noch Flugvermögen vorhanden ist. Wenn der Entzündungsprozefs das Gehirn ergriffen hat, so tritt Kopfverdrehung nach der gesunden Seite auf, die bis 180° beträgt.

Ausgedehnte Entfernung aller drei Kanäle einer Seite zieht beträchtliche Unsicherheit in allen Bewegungen nach sich: die Taube geht langsam und vorsichtig, wobei häufiges Einknicken der Beine beobachtet wird. In die Luft geworfen, fällt sie schwerfällig zu Boden. Neigung zu Drehung nach irgend einer Seite ist nicht wahrzunehmen. Von selbständigem Auffliegen kann keine Rede sein. Im Laufe der Zeit bessert sich der Gang allmählich, doch bleibt das Flugvermögen sehr beschränkt. Nach 5 – 6 Tagen tritt bisweilen Kopfverdrehung auf.

13. Ausschneidung von Stücken aus den membranösen Kanälen auf *beiden* Seiten.

Spamer.

Durchschneidung oder Entfernung eines Stückes äufsert sich stärker und anhaltender bei doppelseitiger Verletzung gleichnamiger Kanäle, als bei Verletzung der Kanäle derselben Seite.

Besonders auffallend ist der Einflufs einer unbedeutenden Reizung der andern Seite auf die Stärke, mit der die Störungen auftreten. Wenn z. B. Verletzung aller drei Kanäle der einen Seite Drehung nach dieser Seite hervorruft, so genügt bisweilen bereits blofse Freilegung eines Kanals (insbesondere des frontalen) der andern Seite um unter bedeutender Verstärkung der übrigen Bewegungsstörungen die Drehbewegungen aufzuheben. Eine Durchschneidung des Kanals der andern Seite vernichtet ein noch vorhandenes Vermögen zu fliegen; hierbei kommt es zu starken und ungeregelten Kopfbewegungen, welche einige Minuten andauern. Breuer bezeichnet dieselben mit Unrecht als *Kopfnystagmus*, da sie in keiner bestimmten Ebene vor sich gehen.

Stückweise Entfernung auf beiden Seiten.

Die Störungen sind stärker, als nach einfacher Durchschneidung. Während der ersten 15 Minuten steht die Taube mit ausgespreizten Beinen auf einem Fleck. Sie kann auf dem Finger balancieren. Die Kopfbewegungen sind um so stärker, je gröfser das entfernte Stück ist. Im Ruhezustande verschwinden sie, treten jedoch bei jeder psychischen Erregung, bei Stofs oder irgend einer anderen Reizung von neuem auf, dauern aber nicht so lange, wie unmittelbar nach der Operation.

Nach bedeutender Zerstörung auf beiden Seiten ist das Laufvermögen sehr beschränkt. Das Tier führt erst, wenn es hiernu angetrieben wird, kleine Schritte aus.

Nach Zerstörung zweier Kanäle auf der anderen Seite beobachtet man dieselben Bewegungen. Bisweilen sind Kreisbewegungen vorhanden.

Alle Kanäle werden auf beiden Seiten in der Weise entfernt, dass man sie nacheinander ohne Zwischenpausen herauszieht.

Völlige Störung des Gleichgewichts. Die Taube fällt, ähnlich wie nach einer Verletzung des Kleinhirns, vom Finger zu Boden, wo sie sich nach allen möglichen Richtungen hin dreht, um schliefslich auf dem Leib liegen zu bleiben. Kopfwackeln mit Pausen. Nach 5—10 Minuten wird das Tier ruhiger. Das Kopfwackeln tritt bisweilen auch an den folgenden Tagen auf, sobald das Tier irgendwie erschreckt wird.

Nach einigen Stunden kann die Taube ruhig stehen; leidlich laufen aber erst nach einigen Wochen. Ab und zu treten schleudernde oder ruckförmige Kopfbewegungen auf. Das Laufen und vor allem das Picken ist erschwert.

Wurde die Exstirpation in Zwischenräumen von 5 zu 5 Minuten vorgenommen, so traten die Störungserscheinungen nicht so scharf hervor.

---

14. Ausschneidung von Stücken aus dem knöchernen und dem membranösen Kanal zugleich.

15. Zerquetschung des Kanals.

16. Ausbrechen von Stücken aus einem oder mehreren Kanälen.

17. Regellose Zerstörung der Kanäle mit dem Meifsel.

Die unter 14—17 aufzuzählenden Experimente müssen als *unreine* Versuche angesehen werden, da bei derartigen groben Eingriffen die Nachbarorgane, welche für die Koordination der Bewegungen ebenfalls von Wichtigkeit sind, unvermeidlich gereizt oder verletzt werden. Darum haben diese Versuche auch geringen wissenschaftlichen Wert.

18. Die vorsichtig freigelegten Bogengänge werden sondiert — *Sondierungsmethode.*

Dieses Verfahren wurde zuerst von Schklarewsky (1871) vorgeschlagen und später manchmal von E. Berthold (1874) benutzt.

Matte*) hat nach dieser Methode folgende Resultate erzielt:

Die Versuche werden an Tauben ausgeführt:

Canales semicirculares 2 sagittales; sinister et dexter.

Eröffnung und Sondierung der *Kanäle* mit gut desinficiertem schwarzen *Roßhaare.* (Nach Sondierung mit Messingdraht trat sofortiger Tod des Tieres ein.)

Kürzere Beobachtung.

Die Sonden werden in den Kanälen liegen gelassen:

Bewegung und Stellung des Kopfes.

„Nach der Sondierung des linken Kanals tritt *leichtes Pendeln in der Ebene dieses Bogenganges ein.* Durch die sofort folgende Sondierung des rechten Bogengangs wächst beiderseitig die Intensität der Pendelbewegungen, welche bei Betrachtung von oben in ihrer Gesamterscheinung eine auffallende Ähnlichkeit mit der Form einer stehenden 8 haben. *Allmählich* ändern sich beide Pendelrichtungen, indem der Kopf nunmehr gewissermafsen in der Resultante beider Richtungen, d. h. in der Medianebene heftig auf und ab bewegt wird.“ Zugleich kommen noch Bewegungen in beiden Kanalrichtungen präzis zum Vorschein.

*) Matte, Friedr. Ein Beitrag zur Funktion der Bogengänge des Labyrinths. Inaugural-Dissertation. Halle a. S. 1892.

Methode (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden).

Bewegung und Stellung der Augen

wird nicht erwähnt.

Bewegung und Stellung des übrigen Körpers.

„Wird das Tier auf den Boden gesetzt, so tritt bei willkürlichen Körperbewegungen sofort ein Niederstürzen nach vornüber ein, das Tier kann sich zunächst nicht in die normale Haltung zurückbringen. Es schwebt mit der Stirn auf dem Boden vorwärts und zeigt dabei eine Neigung, leichte Drehungen nach rechts oder links zu vollführen. In die normale Lage zurückgebracht, wird dieselbe nur mit Mühe durch Flügelausbreiten, Beinspreizen und Aufstützen auf den fächerartig entfalteten Schwanz erhalten."

Bis zum anderen Morgen nach der Operation bestehen die Erscheinungen in gleicher Intensität. Die Sektion ergibt keinerlei makroskopisch sichtbaren Veränderungen im Gehirn.

Länger dauernde Beobachtung.

Rechtsseitiges Sondieren.

Zunächst Reaktion wie oben: dem lädierten Gange entsprechendes Pendeln, Kreisbewegungen und Niederstürzen nach rechts. Zwei Tage nachher wird die Sonde entfernt. Die Erscheinungen zeigen eine beträchtliche Verminderung ihrer Intensität. Zwei Tage später wird die entsprechende Operation *links* ausgeführt. Jetzt tritt abwechselnd Pendeln in beiden Ebenen auf. Die Kreisbewegungen finden sowohl nach rechts wie nach links statt, dazu kommt Überstürzen nach vorn und nach hinten. Nach zwei weiteren Tagen Entfernung der Sonden. Die Abnahme der Erscheinungen tritt auch hier bald deutlich hervor.

Folgeerscheinungen.

„In Ruhe sind keine abnormen Bewegungserscheinungen zu bemerken. Da die Fütterung unter diesen Umständen nicht weiter fortgesetzt wird, ist das Tier genötigt selbständig Nahrung einzunehmen. Dabei zeigen sich nun allerlei merkwürdige Erscheinungen." Der Kopf wird meist in der Ebene des rechten Bogengangs vorgestofsen, so dafs der Schnabel nicht gleich den Inhalt des Napfes erreichen kann. Erst allmählich lernt das Tier unter diesen Bedingungen Nahrung aufzunehmen. Dieser Zustand dauert wochenlang, bis Besserung auftritt. „Da das Tier wahrscheinlich von heftigen Schwindelanfällen befallen wird, so verspürt es deshalb auch nur selten Neigung sich spontan zu bewegen." Die Sektion gibt auch hier makroskopisch keine Anhaltspunkte für eine etwaige Hirnverletzung.

Canales semicirculares 2 frontales sinister et dexter.

Kürzere Beobachtung.

Die beiserseitige Eröffnung der Kanäle wird genau an der Kreuzungsstelle vorgenommen. Die Sonden werden beiderseits nach oben und nach unten eingeführt.

„Bei der Sondierung auf der linken Seite nach der Ampulle hin zeigt das Tier sehr *heftige* Reaktionserscheinungen. Die zugleich auftretenden lebhaften Pendelbewegungen in der Ebene dieses Ganges steigern sich bis zur Schraubenverdrehung des Kopfes nach links und oben."

Nachdem sich das Tier beruhigt hat, wird durch die nachfolgende Sondierung rechterseits wieder eine bedeutende Steigerung der Erscheinungen hervorgerufen. Die Pendelbewegungen gewähren in ihrer Gesamtheit den Eindruck, als ob sie in Form einer liegenden ∞ vor sich gingen. Nach kurzer Zeit Pendelbewegungen in der Medianebene.

Bei *Gehversuchen* Neigung, nach hinten überzustürzen, wogegen das Tier anscheinend mit grofser Anstrengung (Flügelausbreiten, Beinspreizen, Entrollen der Schwanzfedern) ankämpft. Dagegen kommt es zum Rückwärtsgehen.

Folgeerscheinungen.

Am *anderen* Tage ist in Ruhe dem Tiere wenig anzumerken. Bei Gehversuchen treten aber sofort die charakteristischen Erscheinungen, allerdings in gemilderter Form, auf. Keine makroskopischen Veränderungen im Gehirn.

Längere Beobachtung.

Operation wie oben. Zunächst dieselben Erscheinungen wie oben fast in gleicher Stärke bis zum 3. Tage, an dem die Sonden entfernt werden. Nunmehr tritt allmähliche Besserung ein. Nach ungefähr 10 Tagen sind so ziemlich alle Erscheinungen verschwunden.

Canales semicirculares 2 horizontales sinister et dexter.

Einführung der Sonden wenige mm. vor der Kreuzung, nach der Ampulle sowohl, als auch nach der entgegengesetzten Richtung. Sogleich lebhaftes Pendeln in der horizontalen Ebene. Die Erscheinungen bestehen unvermindert bis zum folgenden Tage, an dem die Sektion stattfindet. Am Gehirn nichts Abnormes.

Canalis semicircularis frontalis sinister et sagittalis dexter.

„Schon nach Einführung der Sonde rechts 3 mm. von der Ampulle entfernt in der Kanalrichtung erfolgt eine sehr lebhafte Pendelbewegung in der Ebene dieses Bogengangs, zuweilen bis zur vollkommenen Verdrehung des Kopfes in dieser Richtung.

Nachdem sich das Tier beruhigt hat, wird der linke Frontalkanal sondiert. Sofort tritt eine deutliche Verstärkung der Kopfbewegungen auf, was sich aus der nahezu darallelen Lage der sondierten Teile der Bogengänge erklären läfst.“

19. Doppelseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths.

Beobachtungen von **Rich. Ewald** (1892).*)

a) *Verhalten der Tauben einige Monate nach der Operation.* 12 Versuche.

1) Kein Schwindel.

2) Keine Reaktion auf passive Rotation (doch müssen hierbei die Augen ausgeschlossen werden).

*) l. c.

3) Nirgends Asymetrie der Störungen.

4) Eigentliche Koordinationsstörungen kommen nicht vor.

5) Reflexe vorhanden, aber verzögert (z. B. bei zu schneller Bewegung einer Stange, auf welcher das Tier sitzt, kommt es zu Fall infolge Verzögerung des Reflexes).

6) Unlust, sich zu bewegen. Trägheit der Tiere in den Bewegungen und Verharren auf dem ihnen angewiesenen Platze. Wenn sie sich aber bewegen, so geschieht dies mit einer eigentümlichen Hast. Ungeschicklichkeit in den Bewegungen, z. B. wenn die Taube auf den Rücken fällt, wird es ihr schwer, sich zu erheben. Will man sie fassen, so zeigen sie hierbei eine gröfsere Unruhe als nicht operierte Tauben.

„Es scheint bei ihnen einer besonderen Anstrengung zu bedürfen, um die Muskulatur in Bewegung zu setzen; dann aber bleiben offenbar während der Muskelthätigkeit diejenigen Empfindungen aus, welche das normale Tier veranlassen, sich wieder ruhig zu verhalten."

7) Die Muskeln zeigen sämtlich eine abnorme Schlaffheit und die Gliedmafsen daher eine auffallende Beweglichkeit.

Die Tauben ohne Labyrinth können nicht mehr fliegen.

Nach den ersten doppelseitigen Operationen, welche E. ausführte, gingen beinahe sämtliche Tiere unter dem Symptome einer *aufserordentlich starken Muskelatrophie* zu Grunde. *trotzdem sie reichlich Nahrung aufnahmen.* Später verblieben die Tiere dauernd im besten Ernährungszustande. Es braucht also die Muskelatrophie auch nach vollständiger Entfernung beider Labyrinthe nicht einzutreten.

Lange (Pflügers Archiv Bd. 50 p. 615) sagt: Tauben mit Kleinhirnzerstörungen zeigen dauernd einen guten Ernährungszustand, ebenso die Tauben ohne Labyrinth. Wurden aber die Operationen *kombiniert*, so bildete sich in der Regel eine Muskelatrophie aus, welche auch durch die sorgfältigste Fütterung nicht zu verhindern war.

E. *glaubt nicht*, dafs bei seinen ersten Tauben ein krankhafter Prozess auf das Kleinhirn übergegangen war. (Also keine nachträgliche mikroskopische Untersuchung? Ref.)

b) *Verhalten der Tauben kurze Zeit nach der Operation:*

„Der Unterschied der kürzlich und der vor langer Zeit operierten Tauben beruht auf der verschiedenen Ausbildung der Ersatzerscheinungen und ist daher im wesentlichen ein *quantitativer*." Dieselben Störungen wie unter a), aber nur ungleich stärker, turbulenter.

---

20. Einseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths.

Bei den einseitig operierten Tauben treten die Funktionsstörungen sehr viel deutlicher hervor, weil sie hier asymetrisch und daher bei weitem mehr in die Augen springend sind. — Da aber jedes Labyrinth im Laufe der Zeit den Verlust des anderen ersetzen helfen kann, müssen hier noch viel strenger, als bei den doppelt operierten Tieren, zwei Perioden unterschieden werden, je nachdem, ob wir es mit schon konstant gewordenen oder noch im Schwinden begriffenen Symptomen zu thun haben.

a) *Verhalten der Tauben einige Monate nach der Operation:*

Ohne besondere Prüfung können keine Abnormitäten bemerkt werden. *Die Tauben können noch fliegen.*

Bei genauerer Prüfung findet man im grofsen ganzen mit Unterschieden folgendes:

1) Wird die Taube mittels des Bein-Flügelgriffs gehalten und werden

mit ihr in der Luft grofse Kreise beschrieben, oder wird sie um ihre Längsaxe schnell gedreht, so neigt sie den Kopf nach der operierten Seite hin.

2) Hängt man die Taube an den Füfsen auf, und hat sie sich nach heftigem Flügelschlagen beruhigt, so ist der Flügel der operierten Seite weniger ausgebreitet als der andere.

3) Beim Stehen auf einem Beine ergibt sich eine Bevorzugung des Beins der gekreuzten Seite, d. h. die Tiere ziehen öfter das Bein der operierten Seite an.

4) Wird die Taube in horizontaler Ebene nach der operierten Seite hin rotiert, so erfolgen die Schläge des Kopfes (Rotationsnystagmus) etwas langsamer, und sowohl der Reaktionsendwinkel*) wie auch der Nystagmuswinkel ist etwas kleiner als bei der Rotation in umgekehrter Richtung. Der Nachnystagmus ist in der Regel stärker ausgebildet.

Doch alle diese Unterschiede sind häufig aufserordentlich gering.

(Die Tiere brauchen künstlich nicht gefüttert zu werden.)

b) *Verhalten der Tauben kurze Zeit nach der Operation:*

1) Bewegen sich mit Vorliebe in der Richtung zur operierten Seite. Bei schnellen Bewegungen schwankt der Körper, und zwar ebenfalls nach der operierten Seite hin.

2) Nach 6—8 Tagen wird der Kopf, der anfänglich nur schief stand, allmählich immer mehr verdreht gehalten, infolge Verdrehung des Halses, welche sich nur schwer beurteilen und beschreiben läfst.

3) Die Kopfverdrehungen treten ebenfalls anfallsweise auf, erst selten und von nur Sekundendauer, dann immer häufiger, minuten-, ja selbst stundenlang anhaltend. Die Kopfverdrehungen sind auf Schwäche der Muskeln der operierten Seite zurückzuführen.

Einwirkung chemischer Agention auf die Bogengänge.

Beobachtungen von **Löwenberg** (1873).

Chemische Reizung der Bogengänge wurde zuerst von L. vorgenommen, um festzustellen, ob die Bewegungsstörungen durch eine Reizung oder durch eine Lähmung der membranösen Bogengänge herbeigeführt werden. Ein Stückchen Kochsalz, welches auf den äufseren vertikalen Kanal, der mit einer Pincette gemifshandelt worden war, gelegt wird, verstärkt die vorhandenen Erscheinungen nicht. Koncentrierte Kochsalzlösung verstärkt etwas die vorhandenen Schwingungen, sowie das Bestreben der Taube, sich mit dem Kopfe gegen die Wand zu stemmen.

In Anbetracht des groben operativen Verfahrens ohne sorgfältig vorgenommene Freilegung ist Löwenbergs Versuch nicht überzeugend.

*) Bei passiver Rotation von gesunden Tauben auf der Drehscheibe (siehe im voliegenden Werke weiter) tritt eine Reaktionsbewegung auf, welche darin besteht, dafs die Taube den Kopf nach der der Rotationsrichtung entgegengesetzten Seite dreht und ihn hierbei in horizontaler Richtung pendelt (Kopfnystagmus). Den Winkel zwischen hinterster und vorderster Kopfstellung nennt E. *Reaktionsendwinkel.* Die an die Reaktionsbewegung sich anschliefsende und entgegengesetzt gerichtete Bewegung nennt er *Nystagmusphase.* Unterbricht man plötzlich die Rotation, so entsteht der *Nachschwindel,* d. h. der Kopf pendelt eine Zeitlang hin und her: *Nachnystagmus,* oder, wenn er auf die andere Seite gedreht wird: *Nachreaktion.*

Einwände gegen **Löwenberg.**

Berthold kann L. hinsichtlich des Stärkerwerdens der Bewegungen nach chemischer Reizung nicht beipflichten. Beim Hindurchtröpfeln konzentrierter Kochsalzlösung durch die Kanalöffnung erfolgten keine Kopfbewegungen, selbst nicht bei Anwendung von Argentum nitricum. Wurden aber die Lösungen in die Kanäle eingespritzt, so beobachtete man eine schwache Bewegung. B. konnte nicht entscheiden, inwieweit im letzteren Falle die Bewegung durch den chemischen Stoff einerseits und durch das infolge des Einspritzens veranlafste Trauma anderseits bedingt war. Der Versuch Löwenbergs ist nicht rein, weil statt des Vertikalkanals der Horizontalkanal verletzt wurde, und weil der membranöse Kanal erst gereizt wurde, als er bereits verletzt war; auf Grund der Experimente L.s kann man nicht mit Sicherheit darauf schliefsen, ob die Erscheinungen nach der Durchschneidung der Kanäle reflektorischen Charakters sind oder nicht. Trotz des Mangels an Beweisgründen sei diese Annahme immerhin sehr wahrscheinlich.

Bornhardt konnte die Versuche Löwenbergs nicht bestätigen.

Er vermutet, dafs das Stärkerwerden der Bewegungen durch den Reiz verursacht wurde, den die Kochsalzlösung auf die Haut- und Muskelränder ausübte.

Starke Morphiumlösung, mit welcher die Ränder der durchschnittenen Kanäle benetzt wurden, änderte die vorhandenen Bewegungsstörungen gar nicht.

Beobachtungen **Spamers** (1880).

Reizung mittels Eisenchlorids.

1. Rollt man ein Stückchen Fliefspapier zu einem Röhrchen zusammen, so kann man mittels desselben leicht und rasch den Kanal mit der Lösung benetzen. Keine besonderen Erscheinungen.

2. Auf den Kanal werden ein oder zwei Tropfen Eisenchloridlösung gebracht. Nach einer Minute bemerkt man beim Laufen Neigung zu Umdrehungen nach der Seite der Verletzung und Verminderung der Flugfähigkeit. Nach einigen Minuten verschwindet die Neigung zum Drehen. Das Flugvermögen stellt sich bald wieder ein.

3. Der blofsgelegte membranöse Kanal wird mit Eisenchlorid behandelt. Nach Verlauf einiger Minuten bemerkt man eine Neigung, sich nach der Seite der Verletzung zu drehen; bisweilen werden Kreise nach derselben Seite beschrieben. Das Flugvermögen ist immer geschwächt; manchmal wird das Fliegen nach Behandlung zweier Kanäle mit Eisenchlorid unmöglich. Nach 10—15 Minuten nimmt die Stärke der Erscheinungen in beträchtlichem Grade ab. Die Störungen wurden in denjenigen Fällen längere Zeit hindurch beobachtet, in welchen die Lösung die Ampullen erreichte.

Kochsalzlösung blieb ohne Wirkung. Die Anwendung geringer Mengen von Argentum nitricum-Lösung (1 : 50) rief stets Schwanken beim Gehen und Neigung, sich nach der Seite der Verletzung zu drehen, hervor. Alle Erscheinungen gingen nach einigen Minuten vorüber. Nach mehrmaliger Behandlung der Bogengänge mit Argentum nitricum-Lösung erhielt man Erscheinungen, wie nach Anwendung von Eisenchloridlösung.

Eine eigentümliche Wirkung zeigten geringe Mengen von Liqu. ammon. caust. Die Tiere wurden munterer, beweglicher und flugluftiger. Eine besondere Neigung zur Drehung nach der kranken Seite war nicht wahrzunehmen; bisweilen geschah eine solche sogar nach der *gesunden* Seite.

Nach gröfseren Mengen Liqu. ammon. caust. beobachtete man Schwächerwerden des Fluges und Drehung nach der gereizten Seite.

Beobachtung **Landois'** (1881).[191])

Betupfen der freigelegten Kanäle mit Kochsalzlösung rief Bewegungen hervor, die bisweilen nach einiger Zeit gänzlich verschwanden.

Beobachtung **Vulpians.**

Injektion von 25-prozentiger Chlorallösung ins Ohr wirkt ähnlich wie eine Zerstörung der Kanäle. (S. weiter unten.) *)

Thermische Einwirkung auf die Bogengänge.

Einwirkung der Hitze auf die Bogengänge.

Beobachtungen **Bornhardts** (1875).

Der Taube werden beide Horizontalkanäle versengt.

1. Der *linke* Horizontalkanal wurde behutsam blofsgelegt und versengt; sobald BORNHARDT mit dem Ende des glühenden Eisendrahts den Kanal nur berührte, wandte sich der Kopf auf geraume Zeit nach *rechts* und schlossen sich dabei die Augenlider; bei Öffnung der Lider standen die Pupillen in der *rechten* Ecke des Augenspaltes und bewegten sich dann ruckweise nach *links*. Läfst man die Taube los, so bemerkt man beim Gehen Spuren einer Neigung des Kopfes nach links.

2. Beim Anlegen des glühenden Eisens an den *rechten* sauber freigelegten Kanal drehte sich der Kopf sofort nach *links*, um unmittelbar darauf die normale Stellung einzunehmen.

3. Nach starker Versengung des *rechten* Horizontalkanals traten pendelartige Bewegungen des Kopfes ruckweise nach *links* auf, welche bereits nach einer Minute aufhörten.

4. Dreht man die Taube in der Hand, dann führt sie mit dem Kopfe kompensatorische Bewegungen aus, wie eine gesunde.

5. Sie geht im Zickzack, wie eine Taube mit durchschnittenen Horizontalkanälen; nur sind die Erscheinungen etwas schwächer. Sie kann auf der Querleiste eines Tischchens stehen.

6. Beim Anhalten nach einer Drehung nach *links* und *rechts* erhält man vollkommen normale Bewegungen.

Der Taube wurden beide hintere Vertikalkanäle versengt.

1. Vorher wurde der *linke* hintere vertikale knöcherne Kanal sauber blofsgelegt. (Ober- oder unterhalb der Kreuzungsstelle? Ref.) Sobald B. das Ende des glühenden Eisendrahts an den Kanal anlegte, erfolgte sofort eine Bewegung des *linken Auges* nach dem Schnabel hin und zurück, die sich einigemal wiederholte und schnell verschwand.

2. Nach wiederholtem Versengen trat die Bewegung der Augen (oder des Auges?) wieder auf, doch hatte sie einen rotatorischen Charakter, und der Kopf bog sich kräftig nach *unten*.

---

[191]) LANDOIS, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1881. p. 713.

*) Über die Beobachtungen von RICH. EWALD (1892) siehe Original. Kap. XII. Die chem. Reizung.

3. Wurde die Taube losgelassen, so konnte man beim Gehen schwaches Hintenüberwerfen des Kopfes bemerken. Bemerkenswert ist, dafs das Hintenüberwerfen des Kopfes sofort auftrat, sobald das Tier still stand.

4. Versengen des freigelegten *rechten hinteren* vertikalen knöchernen Kanals rief wiederum eine Bewegung der Augen hervor, sobald B. nur das Eisen an den knöchernen Kanal anlegte. Das *rechte Auge* bewegte sich von dem versengten Kanal zum Schnabel hin und zurück.

5. Losgelassen, geht und fliegt die Taube wie eine gesunde, wenn man auch von Zeit zu Zeit Spuren eines Zurückwerfens des Kopfes bemerkt.

6. Sie fliegt gut, nur stellt sich die Axe des Rumpfes mehr vertikal.

7. Im Ruhezustande wird der Kopf nach oben gezogen und ruckweise nach unten bewegt; er führt folglich ein schwaches Nicken aus. Diese Erscheinung wurde nach Blendung des Tieres deutlicher.

8. Zwei Stunden später. Die Kopfbewegungen dauern mit ebenderselben Stärke und in der Ebene des rechten Vertikalkanals fort. Beim Anhalten nach einer Drehung in einer Horizontalebene treten dieselben kompensatorischen Kopfbewegungen auf, die auch bei nichtoperierten Tieren beobachtet werden.

Die Obduktion zeigte, dafs die hinteren häutigen Kanäle von deutlich weifser Farbe waren, und dafs in ihren Knochenscheiden die Perilymphe fehlte.

Beobachtungen **Spamers** (1880).

Da bei dem Elektrisieren der Bogengänge leicht eine Blutung entsteht, mufs man ihre Blutleiter durch Hitze vernichten. Bei vorsichtigen Manipulationen ist hierbei eine Reizung des Gehirns völlig ausgeschlossen. Das Versengen selbst kann durch einen Thermokauter oder durch einen über einer Spirituslampe zum Glühen gebrachten Nagel bewerkstelligt werden.

1. Ein Kanal wurde mit dem Thermokauter leicht berührt. Die Taube konnte nur in geringer Höhe emporfliegen. Beim Laufen, wobei die Beine einknickten, und beim Fliegen werden Kreise nach der verletzten Seite hin beschrieben.

2. Nach längerer Einwirkung der Hitze auf einen Kanal oder nach einer kürzeren Einwirkung auf zwei Kanäle werden die Drehungen deutlicher, stärker und häufiger, so dafs sich das Tier einen Augenblick fast auf die Seite legt. Schon nach 10 Minuten, bisweilen noch früher, nehmen alle Erscheinungen schnell ab; die Tauben beginnen behende zu laufen und zu fliegen. Zweimal wurde Drehung nach der gesunden Seite hin beobachtet. Bisweilen beobachtet man 2—3 Minuten dauernden Nystagmus und starkes Schütteln des ganzen Rumpfes nach allen Richtungen nebst gleichmäfsigen Zuckungen und Stöfsen, so dafs der Rumpf fast vollständig nach der verletzten Seite hin umfällt.

3. In einem Falle wurde die Knochenwand des Horizontalkanals quer durchgebrannt. Das hierauf in die Luft geworfene Tier fiel schwerfällig zu Boden und lief beständig nur nach der Seite der Verletzung hin.

Im gegebenen Falle war eine Beschädigung des Kleinhirns vollständig ausgeschlossen. Alle Erscheinungen waren stärker ausgeprägt, als nach Extraktion des ganzen Horizontalkanals. Die Folgeerscheinungen dauerten länger als 15 Minuten; die Taube erhob sich nur mit Mühe $^1/_2$ m hoch.

4. Der Horizontal- und der Frontalkanal werden vor der Durchkreuzungsstelle bis an ihre Enden zerstört. Hierauf fallen die Tiere nach allen möglichen Richtungen um, sogar im Stehen. Nach 3—5 Minuten können sie bereits auf dem Finger balancieren. Die Tauben bleiben unbeweglich

auf ein und derselben Stelle, von der sie nur mit Mühe vertrieben werden können. Sie verstecken sich in den Winkeln. Emporgeworfen, lassen sie sich leidlich nieder; bisweilen bemerkt man Drehungen nach der *gesunden* Seite.

In den letzten Fällen beobachtete man eine Infiltration der inneren Schädelwand mit gelber Masse. Oft bemerkt man Zucken des Kopfes oder krampfhafte Kontraktionen des ganzen Körpers im Ruhezustande.

Beobachtungen **J. Breuers** (1888).[192])

Bei der Kauterisation darf der Draht des Galvanokauters nicht allzu heifs sein, um nicht sogleich den Kanal zu zerstören. Am allerbesten bedient man sich hierzu zweier Platindrähte, die mit ihren Enden so verflochten sind, dafs das eine ein Stück weit allein vorsteht. Bei dieser Art des Versuchs kann man den Reiz sehr genau lokalisieren.

1. Die vordere Hälfte der Sagittalampulle ist leicht zugänglich. Legt man den Draht an die linke Sagittalampulle und erhitzt ihn darauf bis zum Beginn der Bewegung, so erhält man eine intensive Kopfbewegung in der Ebene des Kanals nach *links vorn* oder nach *rechts hinten*; in der Mehrzahl der Versuche wird die letztere Bewegung beobachtet. Durch Kälteeinwirkung (s. weiter unten) wird bald die eine, bald die andere Bewegung erzeugt.

2. Die linke Horizontalampulle wird an ihrer unteren Oberfläche oder an ihrer freien äufsern Kante mit dem Draht berührt. Um letzteres thun zu können, mufs man das spongiöse Knochengewebe zwischen dem Kanal und der Ampulle entfernen. Da man aber in diesem Falle leicht mit dem Instrumente am Kanale hängen bleibt und dadurch die freie Kopfbewegung hemmt, so mufste man zu folgendem Verfahren seine Zuflucht nehmen: Man führt einen möglichst dicken Platindraht zwischen der Ampulle und dem Kanal hindurch und biegt ihn dann derartig, dafs das obere Ende aus dem vorderen oberen, das untere aus dem vorderen unteren Quadranten hervorragt. Die derart entstandene stark gekrümmte Schlinge tangiert dann den oberen Rand der Ampulle. Durch Verlegung der Schlinge kann man die vordere oder die hintere Hälfte der Ampulle reizen. Das Glühen wird durch Anlegen der Leitungsdrähte an die Enden des Drahtes bewirkt. Wenn der Draht glüht, dreht sich der Kopf in einer *Horizontalebene* nach *links* oder *rechts*. Eine Rechtsdrehung des Kopfes — von der Reizstelle nach der gesunden Seite — wird in dem Falle beobachtet, wenn der Draht mehr die *vordere Hälfte* der Ampulle berührt, eine Linksdrehung nach der Seite des Reizes, wenn der Draht mehr an der *hinteren Hälfte* der Ampulle liegt. Infolge der geringen Dimensionen der Ampullen gelingt es nicht immer, die gewünschte Bewegung nach einer bestimmten Richtung hervorzurufen. Um die linke frontale Ampulle zu reizen, wird der Draht am Galvanokauter befestigt und so abgebogen, dafs man ihn zwischen dem frontalen Kanal und seiner Ampulle nach hinten hindurchziehen kann. Der Draht wird die periphere untere Hälfte der Ampulle berühren. Beim Erhitzen tritt Drehung des Kopfes *nach rechts vorne* — von der Reizstelle nach der gesunden Seite — auf. Kälte (s. weiter unten) ruft beide Bewegungen hervor.

Hinsichtlich der angeführten Versuche ist zu bemerken, dafs Reizung der einen Ampulle auf die Funktionen der andern einwirken mufs. Deshalb sind nur die ersten Versuche für *rein* und nur die Erscheinungen für nicht

---

[192]) J. BRUER. Neue Versuche an den Ohrbogengängen. PFLÜGERs Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 44, p. 135—152. Am 22. Okt. 1888.

komplizierte zu erklären, die im ersten Augenblick des Reizes auftreten. Thermischer Reiz kann als reiner Versuch nicht angesehen werden, da während des Erhitzens in der Endolymphe gewaltige Ströme auftreten müssen. Durch diese Versuche wird unzweifelhaft das Eine bewiesen, dafs Reizung einer jeden Ampulle von Kopfbewegungen in der Ebene des entsprechenden Kanals begleitet ist. Die Möglichkeit einer Gehirnreizung liegt hier nicht vor, da es undenkbar ist, dafs hierbei jedesmal Punkte des Kleinhirns gereizt werden, welche nur Kopfbewegungen in der bestimmten Ebene hervorrufen.

Einwirkung der Kälte auf die Bogengänge.

Beobachtung **Bornhardts.**

Kühlung der knöchernen vertikalen Kanäle mit Eis.

1. Nachdem B. den *linken* hinteren knöchernen vertikalen Kanal einer Taube vollständig freigelegt hatte, legte er 10 Sekunden lang Eis in Gestalt feiner zugespitzter Stäbchen an diesen Kanal: sofort begannen rasche zuckende Bewegungen der Augenlider (die Augen waren geschlossen).

2. Aus der Hand gelassen, steht die Taube wie betäubt; bei Bewegungsversuchen nimmt man Hintenüberwerfen des Kopfes, auch Spuren von Manègebewegungen nach rechts wahr. Nach 2—3 Minuten sind keine anormalen Bewegungen mehr wahrzunehmen.

3. 10 Sekunden lange Kühlung des gleichnamigen *rechten* Kanals an derselben Taube hatte nichts zur Folge; als B. jedoch den linken vertikalen Kanal etwas länger zu kühlen begann, trat sofort schwaches Überwerfen des Kopfes nach *hinten* und *links* auf, sowie Neigung, in derselben Richtung zu fallen; beide Erscheinungen verschwanden bereits nach einigen Sekunden.

4. Nach längerer beiderseitiger Kühlung: Das *Hintenüberwerfen* des Kopfes und das Bestreben *hintenüberzufallen* wird ausgeprägter; aufserdem treten auch pendelartige Kopfbewegungen auf, die sich bisweilen zu Manègebewegungen steigern.

5. Alle diese Erscheinungen treten noch schärfer auf, wenn man während der Kühlung den Kanal mit Eisstückchen bestreicht. Diese Erscheinungen verschwinden nach 5, 10 Sekunden spurlos.

Kühlung ruft eine analoge Wirkung hervor wie Durchschneidung, nur in schwächerem Grade.

Die knöchernen vertikalen Kanäle einer Taube werden der Ätherisation unterworfen:

1. Nach Freilegung des *linken* hintern knöchernen vertikalen Kanals und $^1/_2$ Minute langer Ätherisation desselben tritt sehr deutliches Überwerfen des Kopfes nach *hinten* und *links* auf.

2. Wurde nun auch der *rechte* vertikale Kanal freigelegt und ätherisiert, so zeigte sich heftiges *Hintenüberwerfen* des Kopfes.

3. Auch wurde *Hintenüberfallen* des Tieres beobachtet.

4. Am nächsten Tage zeigt die Taube die sehr hübsche Erscheinung eines schnellen Kopfnickens, obwohl kein Kanal durchschnitten und, wie oben gesagt, auch nicht einmal eröffnet ist. Die Hinterhauptsmuskeln sind leicht gelb geworden.

5. Die Sektion ergab, dafs die Hinterhauptsmuskeln, besonders diejenigen, welche eine vertikale Richtung haben, etwas gelb waren. Die membranösen vertikalen Kanäle erschienen etwas getrübt.

Die knöchernen horizontalen Kanäle werden der Ätherisation unterworfen:

1. Nach Freilegung und Ätherisation des *linken* knöchernen horizontalen Kanals treten Manègebewegungen nach *links* auf.

2. Nach Freilegung und Ätherisation des rechten horizontalen Kanals entstehen Reitbahnbewegungen nach *beiden* Seiten hin. Es sind auch pendelartige Bewegungen beobachtet worden, aber dieselben waren schwach.

3. Während des Stillstands nach der Drehung nach der einen oder anderen Seite hin erhält man normale Erscheinungen, aber sie sind schwach ausgeprägt.

4. Am folgenden Tage erinnert das Bild an dasjenige, welches nach dem Durchschneiden beider horizontaler Kanäle auftritt: Werfen des Kopfes nach beiden Seiten hin, so dafs der Körper davon mit fortgerissen wird, wobei sich die Taube mit dem Schwanz zu stützen sucht.

5. Es finden Manègebewegungen nach beiden Seiten statt. Sobald das Tier aber im Ruhezustande ist, hören die Kopfbewegungen auf.

6. Der Schall ruft ganz ähnliche Bewegungen hervor.

7. Sehr auffällig ist, dafs die Taube mit ihrem Schnabel diejenigen Stellen ihres Körpers, die sie treffen will, nicht treffen kann.

Spamer
hat nach der Ätherisation der Kanäle nichts Besonderes beobachtet.

Beobachtungen J. Breuers (1888).

1. Die linke frontale Ampulle wurde mittels einiger Tropfen Eiswasser aus einer Pravazschen Spritze abgekühlt. Das ganze Instrument mufs vorher abgekühlt und seine Kanüle von aufsen vollständig trocken sein. Durch einen gelinden Druck auf den Kolben, wurde ein Tropfen aus der Spritze auf die Oberfläche der Ampulle gebracht. Hierbei kamen Bewegungen nach *links hinten* und *rechts vorn* zur Beobachtung.

2. Zum Abkühlen der beiden anderen Ampullen ist Eiswasser untauglich, weil es im Herabfliefsen die tiefer gelegene frontale Ampulle reizen würde. Deshalb wurden diese Kanäle mit kaltem Metall abgekühlt. Zu diesem Zwecke wurde Quecksilber in einer Kältemischung abgekühlt und hierauf in dasselbe auf einige Zeit ein Metallinstrument (Zahnexcavator) versenkt, welches man nun nicht abzuwischen brauchte, sondern gleich an die gewünschte Stelle anlegen konnte. Bei der Berührung der unteren Fläche der linken horizontalen Ampulle mit dem kalten Metall wendet die Taube den Kopf in horizontaler Richtung nach *links* oder *rechts*.

3. Die Abkühlung der linken sagittalen Ampulle ruft schwingende Bewegungen des Kopfes nach *links vorn* und *rechts hinten* hervor.

Mit einem abgekühlten Instrument ist es schwer, eine isolierte Reizung der frontalen Ampulle hervorzurufen; deshalb mufs man hier zum Eiswasser seine Zuflucht nehmen.

Auch hier kann man die Neigung des Kopfes nach *links hinten* beobachten, wenn man den Kanal berührt, wobei es jedoch unentschieden bleibt, ob diese Bewegung durch das Abkühlen der Nervenenden hervorgerufen ist oder durch endolymphatische Strömungen. Die Reaktion durch die Abkühlung beliebig lange hervorzurufen, ist unmöglich. Nach jeder Berührung mit dem Instrument mufs man die Ampulle durch Hereinführen kleiner Stücke Schwamm wieder erwärmen.

Auf diese Weise lassen sich durch Reizung einer jeden Ampulle Bewegungen des Kopfes in der Fläche des gegebenen Kanals hervorrufen; aber

diese Bewegungen sind nicht so ausgeprägt und stürmisch wie diejenigen, welche nach dem Durchschneiden der Kanäle auftreten.

R. EWALD (1892 l. c.) hat ebenfalls an einer Taube thermische Reizungen vorgenommen. Über den Versuch siehe Original Kap. XII S. 254.

Einwirkung der Elektrizität auf die halbkreisförmigen Kanäle.

LÖWENBERG (1874)
hielt die Anwendung der Elektrizität als Reizmittel der Kanäle für unbequem wegen der hierbei auftretenden starken Bewegungen des Kopfes.

E. BERTHOLD 1874.

Die Versuche mit elektrischer Reizung haben keine besonderen Resultate ergeben. Als Elektroden wurden dünne Silberdrähte angewandt, welche man in die Kanäle einführte. Bei Reizung des horizontalen Kanals wandte sich der Kopf beim Stromschluſs jedesmal in der Richtung zur Anode. Beim Stromwechsel entstanden pendelartige Schwingungen in horizontaler Fläche. Wenn jedoch die Elektrode nicht in den horizontalen Kanal geleitet, sondern zu beiden Seiten des Kopfes an der Haut angelegt wurden, so erhielt man genau dieselben Erscheinungen. Das Hereinbringen der Elektrode in den senkrechten Kanal rief weder Schwingungen von oben nach unten, noch auch umgekehrt hervor.

BREUER (1874).

Durch Hineinführen dünner Drähte in den Kanal erzielte man verschiedene Bewegungen des Kopfes, je nachdem der Strom durch den horizontalen oder durch den frontalen Kanal geleitet wurde. Dabei setzte man eine Elektrode an den Bauch des Tieres. Vielleicht gelingt es auf diesem Wege, die jedem Kanal entsprechenden Bewegungen hervorzurufen. Die hierbei entstehenden Erscheinungen führt Br. auf eine durch Elektrolyse sich entwickelnde Gasbildung, welche die Lymphe in Bewegung setzt, zurück.

MACH (1873. 6. XII.)
versuchte eine Bewegung des Kanalinhalts durch einen Elektromagneten herbeizuführen, um Störungen der Bewegungen auch ohne operativen Eingriff zu erhalten. Das Resultat war aber negativ. MACH empfiehlt, diesen Versuch mit stärkeren Strömen zu wiederholen.

CYON (1878).

Als Elektroden dienten zwei goldene Drähte, welche mit einem Induktionsapparat in Verbindung standen, und deren Enden hakenförmig gebogen waren. Diese Häkchen wurden in zwei kleine Öffnungen geführt, die man in den knöchernen Kanälen vorher angelegt hatte. Infolge der Schwierigkeit, die Reizung zu lokalisieren, ohne dabei die Bewegungen des Tieres zu behindern, kam man zu keinem klaren Resultat. Ungeachtet dessen gelang es jedoch zu konstatieren, daſs die elektrische Reizung des halbkreisförmigen Kanals keinen anderen sichtbaren Effekt hervorruft, als denjenigen der Neigung des Kopfes in der Richtung zur Reizung hin.

Versuche dieser Art werden kaum zu irgend welchen besonderen Ergebnissen führen, weil die halbkreisförmigen Kanäle als Sinnesorgane zu zart sind, als daſs ihre Erforschung durch solche Mittel möglich wäre.

SPAMER (1880)
stellte sehr gründliche, mannigfache und ausgedehnte Versuche mit elektrischer Reizung der halbkreisförmigen Kanäle an. Zur Reizung der halbkreisförmigen Kanäle durch Elektrizität bediente sich SPAMER zweier gut zugespitzter Platindrähte, welche er dicht an den Kanal führte, oder noch

besser, es wurden zwei aufserordentlich dünne Kupfer- oder Platindrähte in einer gewissen Entfernung von einander um den Kanal geschlungen. Der Draht läfst sich um den vorderen Abschnitt des horizontalen und um den oberen Abschnitt des frontalen Kanals winden. Die Anlegung des Drahtes um den hinteren Abschnitt des horizontalen und um den unteren des frontalen Kanals gelingt nicht immer, eigentlich nur bei alten Tauben. Die Versuche waren verschieden. Bald wurden beide Drähte um einen Kanal gewunden, bald um zwei, bald wieder wurde eine Elektrode an einen Kanal angelegt und die andere in die Weichteile der Wunde, oder es wurden beide Elektroden an die Ränder der Wunde angesetzt.

A. Reizung der Kanäle durch den Induktionsstrom.

Spamer gelangte zu folgendem Resultat: Die Faradisation eines jeden Kanals oder beider Kanäle zusammen (des horiz. u. des frontal.) wird von einer Neigung und Bewegung des Körpers nach der entgegengesetzten Seite der Reizung begleitet, wobei beide Erscheinungen während der Dauer des Stromes und bei Öffnung desselben stattfinden: aufserdem wird, der Dauer des Stromes entsprechend, die Sicherheit der Bewegungen auf einige Zeit mehr oder weniger beeinträchtigt.

1. Durchleitung eines schwachen Stromes (von der Stärke, dafs er auf der Zunge eine gewisse Empfindung hervorzurufen im stande ist). Bald vorübergehende Unsicherheit der Bewegungen. Der Antrieb, sich zu bewegen, wird nicht vermindert, sondern sogar verstärkt. Das Tier ist aufgeregt, es läuft umher und fängt bald an zu fliegen. Dem Laufen und dem Fluge geht jedoch die gewöhnliche Gewandtheit ab.

2. Nach Einwirkung eines starken Stromes von einer Minute Dauer, welcher im stande ist, eine Kontraktion des musc. oppon. pollicis hervorzurufen, verfällt das Tier in einen Zustand der Erstarrung. Aber bald erholt es sich wieder. Manchmal werden vom Tiere Kreise in entgegengesetzter Richtung beschrieben. In die Luft geworfen, fallen die Tauben plump auf den Boden nieder.

3. Eine Elektrode ist um den Kanal geschlungen und die andere leitet in die Weichteile der Wunde. Nach starken Strömen wird eine Bewegung in der entgegengesetzten Richtung beobachtet. Aufserdem dreht sich der Kopf nach der entgegengesetzten Seite: diese Erscheinung tritt in verschiedener Stärke auf. Bei der Reizung des vordersten Endes des horizontalen Kanales wurde eine vollständige Verdrehung des Kopfes nach hinten beobachtet.

4. Beide Elektroden leiten in die Ränder der Wunde in der Nähe der Kanäle. Stets neigte sich der Körper nach der entgegengesetzten Richtung mit einer mäfsigen Verdrehung des Schnabels nach derselben Seite.

5. *Direkte Reizung der häutigen Kanäle.*

Der Körper neigt sich nach der Seite der Reizung. Letzteres mufs als Folge der Verwundung des Kanals mit den Drähten betrachtet werden; man konnte sich hiervon mit einer Lupe überzeugen. Nystagmus wurde während der Faradisation nicht beobachtet: das Auge der elektrisierten Seite war während des Elektrisierens vom Lid, an welchem man fibrilläre Zuckungen bemerkte, geschlossen. Das Auge der anderen Seite war die ganze Zeit hindurch geöffnet.

B. Reizung der Kanäle mit dem konstanten Strom von 1—20 Elementen.

Versuche mit dem galvanischen Strom verlangen eine grofse Umsicht bei ihrer Ausführung; denn man ist hier Fehlern leicht ausgesetzt. Einmal

kann man sehr leicht ein Blutgefäfs der häutigen Kanäle beim Umschlingen des Drahtes verletzen und hierdurch eine unbeabsichtigte Blutung herbeiführen.

Um dem vorzubeugen, ist es geraten, einige Knochenbälkchen unentfernt zu lassen oder man trägt Harztröpfchen auf. Zweitens tritt schnell eine Ermüdung der gereizten Teile ein, weswegen man den Resultaten gegenüber sehr vorsichtig sein mufs. Drittens zerstören die durch Jonenbildung an den Kupferelektroden entstandenen Kupfersalze die häutigen Kanäle unter Umständen vollständig.

I. Reizung des Kanals (des horiz. od. frontal.) mittels zweier um ihn gewickelter Elektroden.

1. Das Galvanisieren der halbkreisförmigen Kanäle wird von einer Unlust und Unsicherheit in den Bewegungen begleitet; dieselben hören sogar für eine gewisse Zeit vollständig auf. Der galvanische Strom wirkt demnach auf eine hemmende Art auf die Bewegungen. Durch Einwirkung eines Stromes von 3 Elementen während einer Viertelminute beruhigen sich die Tiere und liegen vollständig regungslos auf dem Tisch, während man sie vorher mit Gewalt festhalten mufste. Nach wiederholter Einwirkung eines Stromes von 10 Elem. während einiger Minuten liegen die Tiere regungslos, wie tot, auf dem Bauche; sie erholen sich jedoch bald wieder. Nach einer noch längeren Galvanisation versinken sie für einige Stunden in einen Zustand allgemeiner Erstarrung. Bei Strömen von 1—2 Elem. sitzen die Tiere unbeweglich und gehen sehr ungern von ihrem Platz. Eine in die Luft geworfene Taube fällt plump auf den Boden. Andere Male konnte man beobachten, dafs der am Anfang des Galvanisierens geschwächte Flug bei weiterer Einwirkung des Stromes sich wieder verbesserte. In diesen Fällen stellte sich jedoch später heraus, dafs der Kanal vom Draht durchgeschnitten war.

2. Zwangsbewegungen sind im Moment der Öffnung des Stromes viel stärker ausgeprägt, als während seiner Dauer. Bei gelinden Reizungen von frischen Tieren werden Zwangsbewegungen in Verbindung mit Fallen zur Seite und Rotationen des Körpers beobachtet. Bei stärkeren Strömen können diese Störungen einige Minuten lang dauern. Mit dem Eintritt einer totalen Ermüdung werden die Zwangsbewegungen nach der einen Seite allmählich schwächer und statt ihrer treten bei sehr starken Strömen klonische Zuckungen auf, welche manchmal in einen allgemeinen Tremor übergehen.

3. Die Richtung der Zwangsbewegungen (Drehen und Hinfallen) bleibt während der Dauer des Stromes und nach der Öffnung desselben immer dieselbe.

4. Verminderung und Unsicherheit der Bewegungen tritt schon bei schwächeren Strömen auf, während die Zwangsbewegungen erst nach stärkeren Strömen beobachtet werden können.

5. Die am konstantesten bei der Galvanisation auftretenden Störungen in den Bewegungen sind Neigung auf eine Seite, welche sich bis zum vollständigen Fall potenzieren kann, sowie Drehungen des ganzen Körpers nach derselben. Es geschehen die letzteren nach Art einer Uhrzeigerdrehung. Das Tier steht dabei aufrecht und dreht sich ohne Zuhilfenahme der Flügel und ohne sich irgendwie zu beeilen, wobei der Schwanz nach dem Centrum des Kreises, welchen das Tier beschreibt, gerichtet bleibt.

Bei einer stärkeren Reizung macht die Taube stürmische Kreisbewegungen, wobei sie schon die Flügel zu Hilfe nimmt und mit der Brust sich auf den Boden aufstützt. — Dies dauert oft minutenlang.

Bei starken elektrischen Reizungen der Bogengänge werden schliefslich auch noch Kreisumwälzungen des ganzen Körpers um die Längsaxe des

Körpers beobachtet. Bei sehr starken galvanischen Einwirkungen überschlägt sich die Taube manchmal nach hinten.

6. Wenn man einen galvanischen Strom von mittlerer Stärke durch den Horizontalkanal in der Richtung von *vorn nach hinten* leitete, so traten Neigung des Körpers (selbst Fallen) und Umdrehungen des Tieres *nach der Seite der Reizung* auf, leitete man aber den Strom von *hinten* nach *vorn*, so nahmen die Zwangsbewegungen die entgegengesetzte Richtung an.

Nach starkem, lange anhaltendem Strome durch den horizontalen Kanal wurden schleudernde Kopfbewegungen in der horizontalen Fläche nach der gesunden Seite hin beobachtet. Manchmal aber wurde ab und zu eine momentane Bewegung nach der Wunde hin (nach der entgegengesetzten Seite also) beobachtet, gewöhnlich nach längerer Einwirkung des Stromes und infolgedessen auch eingetretener Ermüdung des Tieres.

Öfters beobachtete man während des Stromes Flügelschlagen. Öfteres Stromwechseln ermüdete die Tiere viel schneller, als ein konstanter gleichmäfsiger Strom. Bei schnell nacheinander folgendem Öffnen und Schliefsen des Stromes hatte man Gelegenheit, zwei eigenartige Erscheinungen zu beobachten. In einem Falle (nach Unterbrechung eines von hinten nach vorn gerichteten Stromes von 10 Elementen) begann die Taube nach allen möglichen Richtungen herumzuhüpfen, trotz bedeutender Schwäche und öfterem Niederfallen; in einem anderen Falle wurde nach der Einwirkung eines Stromes von 18 Elementen mit Unterbrechungen in derselben Richtung ein krampfhaftes Öffnen und Schliefsen des Schnabels mit nachfolgendem Knirschen beobachtet.

II. Reizung des horizontalen Kanals durch eine Elektrode, welche denselben berührt, während die andere mit den Weichteilen der Wunde verbunden ist.

1. Bei Schliefsung starker Ströme fällt die Taube oder überschlägt sich, bei Schliefsung mäfsiger Ströme bemerkt man Zeiger- oder Umdrehungen um die aufgestützte Brust, und zwar auf die Seite der Reizung, wenn die Anode um den Kanal liegt; bei Öffnung des Stromes gehen die Bewegungen in umgekehrtem Sinne vor sich. Dieselben Bewegungen werden auch in dem Falle beobachtet, wenn eine Elektrode an dem Kanal angebracht ist und die andere auf der entgegengesetzten Seite des Kopfes, oder an irgend einer anderen Stelle des Körpers sich befindet. Bei diesen Versuchen befand sich eine Elektrode fast immer an dem *vorderen* Abschnitt des horizontalen Kanals. Während der Einwirkung des Stromes zeigte sich öfters ein Bestreben des Tieres, sich nach rückwärts zu bewegen, und nach Öffnung des Stromes eine stürmische Bewegung nach vorn.

2. Wenn durch eine unbeabsichtigte Verletzung des (horiz. od frontal.) Kanals oder durch den daraufhin zur Blutstillung angewandten Liqu. fer. sesquichlor. eine Bewegungsneigung der Taube nach irgend welcher Seite hervorgerufen war, so hatte die Anwendung eines schwachen, auf die betreffenden Bogengänge einwirkenden Stromes die Eigenschaft, ein Fallen oder eine Umdrehung nach der *entgegengesetzten* Seite hervorzurufen.

III. Direkte galvanische Reizung des häutigen Kanals.

Bei jedem Stromschlufs oder Stromwechsel und bei starken Strömen breitet die Taube die Flügel aus und hebt sie in die Höhe, bei starken Strömen bis zur gegenseitigen Berührung ihrer Aufsenflächen; nach längerer Galvanisation senkten sie sich nur allmählich nach unten. Dabei drehte sich das Tier nach der Richtung der Reizung hin. Letztere Erscheinung wurde augenscheinlich durch den Druck der Elektrode auf den Kanal bedingt

IV. Galvanisation des frontalen knöchernen Kanals mit zwei Elektroden.

Die Erscheinungen sind dieselben wie bei der galvanischen Reizung des horizontalen Kanals. Die Stärke der Erscheinungen steht in direktem Verhältnisse zur Stärke des angewandten Stromes.

Erscheinungen bei schwachen galvanischen Reizungen: Im Laufen werden Kreise beschrieben. Neigung und manchmal auch Fallen nach derselben Seite hin.

Erscheinungen nach einer stärkeren galvanischen Reizung: Zeigerdrehungen, Umdrehungen um die aufgestützte Brust mit Hilfe der Flügel und endlich Drehungen um die Längsaxe des Körpers.

Erscheinungen nach öfters wiederholten und starken Reizungen: Schwanken des Kopfes, gröfstenteils ungefähr in der horizontalen Fläche und einmaliges Sichüberschlagen nach hinten; bei einem ermüdeten Tiere beobachtet man unmittelbar nach der Einwirkung eines starken Stromes Seitendrehungen.

Erscheinungen nach sehr starken Strömen: Eine vollständige Prostration des Tieres.

Hierbei wurde zum Unterschiede der Reizerscheinungen des horizontalen Kanals fast immer ein Ausbreiten der Flügel und ein Ausspreizen der Fufszehen beobachtet. Auch bei Reizungen des frontalen Kanals wechselte, wie dies auch bei Reizungen des Horizontalkanals der Fall gewesen war, der Zustand der Aufregung mit dem Zustand der Ruhe ab. Auch das Stromwechseln rief dieselben Erscheinungen beim Frontalkanal wie beim horizontalen Kanal hervor. (Siehe dort.) Eine Elektrode am Frontalkanal, die andere in den Weichteilen der Wunde: Die Erscheinungen sind dieselben, wie bei der galvanischen Reizung des horizontalen Kanals. In diesen Fällen kann man eine fortwährende starke Aufregung während der Dauer des Stromes beobachten, sowie starke Flugbewegungen.

V. Die Elektroden befinden sich in den Wundrändern.

1. Die Drähte sind möglichst nahe den Kanälen angelegt; starker Strom: Der Schnabel und der Kopf drehen sich nach der entgegengesetzten Seite hin, manchmal Spuren einer Zeigerdrehung.

2. Wenn Blutung oder eine Verletzung irgend eines Kanals eine Bewegung nach der einen Seite nach sich gezogen hatte, so rief der galvanische Strom manchmal eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite hervor.

3. Der Fufs der gereizten Seite wendet sich immer nach aufsen. Bei Stromschlufs und Unterbrechung des Stromes wird ein momentanes Aufheben der Flügel bemerkbar. Ist das Tier ermüdet, so wird diese Erscheinung nur durch den Stromschlufs bewirkt. In diesem Falle zittern die Tiere nach der Unterbrechung des Stromes.

VI. Einseitiges Galvanisieren des horiz. und front. Kanals durch je einen Poldraht: Man erhielt irreleitende Resultate, weshalb man auch mit den Versuchen aufhörte.

VII. Stromleitung quer durch den Kopf der Tauben.

Diese Erscheinungen beim Elektrisieren des Kopfes sind von Hitzig (siehe weiter unten) genau ergründet worden. Dabei bleibt jedoch die Frage offen, ob die eigenartigen Bewegungsstörungen von der Wirkung des Stromes auf die Kanäle oder von seiner Einwirkung auf das Gehirn bedingt werden?

1. Die Kopffedern der Taube sind entfernt. Die Elektroden befinden sich zu beiden Seiten des Kopfes. Es wird ein Strom von 20 Elem. durchgeleitet. Während der Dauer des Stromes wird kein Fallen auf die Anodenseite, sondern nur Neigen des Kopfes und des ganzen Körpers nach

dieser Seite, selten Zeigerdrehungen des Körpers beobachtet. Bei Unterbrechung des Stromes Neigen des Kopfes und des Körpers auf die Seite der Kathode, manchmal Andeutung einer Zeigerdrehung. Als eine sehr deutliche Erscheinung bei Schluſs des Stromes und Unterbrechung desselben ist ein einmaliger krampfhafter Flügelschlag zu verzeichnen. Manchmal wird während der Stromesdauer ein Bestreben, sich einmal nach hinten zu überschlagen, beobachtet; die Tiere befinden sich dann fast immer in einem sehr aufgeregten Zustande. Alle genannten Erscheinungen treten noch stärker hervor, wenn die Elektroden am Nacken gerade über den halbkreisförmigen Kanälen angelegt sind.

2. Ein Strom von 10 Elem. wird durch die unverletzte Haut geleitet, ganz wie im vorigen Falle. Man bemerkt Andeutungen derselben Bewegungen. Darauf legt man die Kanäle blos und leitet denselben oder einen viel schwächeren Strom durch, indem man mit beiden Elektroden von beiden Seiten nur einen Kanal berührt. Nun kommen alle Erscheinungen der Störung viel stärker zum Ausdruck als im ersten Fall. Wenn die Elektroden in den äuſseren Gehörgang eingeführt werden, treten die Erscheinungen viel schwächer auf, als wenn man die Elektroden hinter dem Gehörgang anbringt.

3. Eine Knopfelektrode befindet sich an dem Kanale, während die andere auf der entgegengesetzten Seite auf der Haut angebracht ist.

Die Neigung, das Fallen, manchmal Zeigerdrehungen traten stärker hervor, als bei einfacher Durchleitung des Stromes durch die Haut. Auſserdem wurde während der Stromdauer eine tonische Streckung der Zehen bemerkt, sowie ein Abheben derselben vom Fuſsboden; manchmal kam es auch zu krampfhaften Zuckungen in denselben, hauptsächlich auf der Kathodenseite. Nach mehrmaliger Unterbrechung des Stromes oder nach längerer Einwirkung desselben trat Kopfwackeln in fast wagerechter Ebene auf.

4. Gleichnamige Kanäle sind auf jeder Seite an gleichen Stellen mit dünnem Kupferdraht umschlungen. Vom horiz. Kanal wurde der vordere Abschnitt umschlungen und von dem front. Kanal der obere. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Versuchsanordnungen trat nicht zu Tage.

Erscheinungen bei Galvanisation mit 1 Element:

Neigung des Kopfes zur Seite der Anode, Zittern desselben bei Durchleitung des Stromes, Zuckungen in unbestimmter Richtung bei der Stromunterbrechung. Im allgemeinen werden zitternde und ruckartige Bewegungen des Kopfes öfter nach dem Unterbrechen des Stromes, als während seiner Dauer beobachtet, und dann auch bei einseitiger Reizung nach der Ermüdung.

Erscheinungen bei Anwendung von 2 Elementen: Stärkeres Neigen während des Stromes und Zuckungen nach der entgegengesetzten Seite bei der Unterbrechung des Stromes, Anzeichen von Zeigerdrehungen nach Stromschluſs.

Erscheinungen bei Anwendung von 5 Elementen: Starkes Fallen nach der Anode hin beim Schlieſsen und nach der Kathode hin bei der Unterbrechung des Stromes, mehrfache Zeigerdrehungen nach beiden Seiten hin, energische und länger anhaltende Flügelbewegungen (wie beim Elektrisieren durch die Haut) bei Schlieſsung und bei Öffnung, nach öfterem Durchleiten des Stromes bei Stromschluſs Rückwärtsüberschlagen.

Erscheinungen bei der Anwendung von 8 Elementen: Beim Stromschluſs Fallen mit ausgebreiteten Flügeln nach der Anode hin und Umdrehungen zur Anode auf der aufgestützten Brust, bei der Stromöffnung

Neigung nach der entgegengesetzten Seite hin und einmalige oder vielfache Zeigerdrehung nach der entgegengesetzten Seite hin.

Erscheinungen bei der Anwendung von 9—10 Elementen: Während der Stromdauer wird ein Strecken und Ausspreizen der Zehen und das Abheben derselben vom Boden beobachtet; regungslos auf der Seite liegend, macht die Taube mit dem in der Luft schwebenden Fufse kratzende Bewegungen, welche nach eingetretener Ermüdung in ein Zittern übergehen. Stets beschreibt die Taube gleich nach dem Stromschlufs einige Kreise; dasselbe findet bei der Öffnung, dann aber nach der entgegengesetzten Seite hin statt. Nach stärkerer Ermüdung fällt die Taube beim Schliefsen des Stromes mit ausgebreiteten Flügeln nach der Anode hin, einige Zeit in dieser Stellung verharrend.

Bei 10 Elementen nach 3—4 Sitzungen (jede zu einer halben Minute): Das Tier fällt nach allen Seiten oder sitzt unbeweglich mit auseinandergespreizten Füfsen; in diesem Augenblick macht es den Eindruck, als ob es verenden wollte. Die Taube erholt sich jedoch nach einigen Minuten wieder. Nach wiederholtem Schliefsen des Stromes erfolgen Krämpfe, Umdrehungen um die Längsaxe u. s. w.

Erscheinungen bei der Anwendung von 15—20 Elementen: Beim Schlufs ein mächtiger Satz mit nachfolgenden Umdrehungen um die Längsaxe nach der Seite der Anode; beim Öffnen dieselben Erscheinungen zur Kathode hin, manchmal mit Zeigerdrehungen. Aufserdem beobachtet man während der Dauer des Stromes pendelartige Schwingungen, welche sich bei der Öffnung verstärken, manchmal auch wiederholtes Aufwerfen des Schnabels nach oben oder ein Überschlagen nach rückwärts; während der Stromdauer findet ein Ausspreizen der Zehen statt. Mit Unterbrechung des Stromes sind alle Bewegungen bedeutend geschwächt, und das Tier sitzt mit ausgespreizten Füfsen.

Zu erwähnen ist, dafs einige Erscheinungen beim Schliefsen des Stromes, andere dagegen bei der Öffnung stärker ausgeprägt sind.

5. Beide front. Kanäle sind durchschnitten. Die Drähte sind um die horiz. Kanäle geschlungen. Die Reaktion auf den Strom ist scharf ausgeprägt.

Der horiz. und front. Kanal sind mittels Thermokauters zerstört. Deutlich ausgeprägt ist die Reaktion bei 10 Elementen.

Nach *vollständiger Entfernung* aller häutigen Kanäle ist die Reaktion *nicht* verschwunden. Die vollständige Entfernung der häutigen Kanäle wird auf die Weise vorgenommen, dafs man dieselben durch je zwei im knöchernen Kanal angelegte Öffnungen extrahiert. Daraufhin wird der Draht um die Knochenkanäle gewickelt. Sind auch diese zerstört, so wird eine knopfartige Elektrode auf den Boden der Wundhöhle geführt. Die Reaktion tritt bei 10 Elementen auf.

Aus den angeführten Versuchen kann folgender unzweifelhaft richtiger allgemeiner Schlufs gezogen werden: *Zwangsbewegungen, die durch einen elektrischen Strom hervorgerufen sind, werden auch bei vollständiger Zerstörung der Kanäle beobachtet, aber in schwächerem Grade.*

Auch in letzterem Falle beim Hineinbringen der Elektroden in die Weichteile de Wunde verfallen die Tiere in einen aufgeregten Zustand und suchen fortzulaufen. Dabei bleiben die Zeigerdrehungen weg. Mit der Unterbrechung des Stroms werden die Tiere wieder regungslos.

6. Der linke horizontale und frontale Kanal sind zerstört. Eine Elek-

trode von 10—18 Elementen wird links in die Wunde geführt, die andere wird auf der Haut rechts angebracht. Die Erscheinungen der Bewegung drücken sich schwach aus; eine konstante Erscheinung war nur ein Flügelheben während des Stromes. Danach wurden alle 3 Kanäle der rechten Seite zerstört und derselbe Strom angewandt. Der Effekt war ein zweifellos bedeutender als vorher. Der Kopf und teilweise der Körper neigten sich immer sehr deutlich nach der entsprechenden Seite.

7. *Versuche mit der Galvanisation des Kleinhirns.*

Man kann den gröfsten Teil des Kleinhirns ohne eine erhebliche Blutung freilegen. Die zurückbleibenden Knochenbälkchen sind zum Anbringen der Elektroden geeignet. Sie dienen aufserdem als Schutz für das Kleinhirn.

Erscheinungen, hervorgerufen durch 6 Elemente: Ein schwaches, unzweifelhaftes Neigen des Kopfes; durch 10 Elemente: ein vollständiges Umfallen auf die Seite; nach länger anhaltendem Strom Zeigerdrehungen, selten kreisförmige Bewegungen.

Die Erscheinungen (Fallen und Drehungen) bei der Anwendung einer noch gröfseren Zahl von Elementen waren etwas stärker ausgeprägt, *aber sie erreichten niemals den Grad, welcher bei der Durchleitung des Stromes durch um die Kanäle geschlungene Drähte beobachtet wird.* In einem Falle fiel das Tier von einem Strom von 10 Elementen, welcher quer durch das Kleinhirn geleitet wurde, anfangs auf die Seite der Kathode und bei der Unterbrechung des Stromes auf die Seite der Anode. Bei einem Strom von 5 Elementen wurden die Bewegungen in entgegengesetzter Richtung beobachtet.

Bei zwei Tieren sind alle Kanäle zerstört und $^3/_4$ des Kleinhirns sind weggeschnitten. Bei der Durchleitung eines Stromes von 15 Elementen quer durch den Kopf mit Anbringung der Elektroden an den Stellen, an denen sich die Kanäle befunden hatten, wurde eine merkliche Neigung zur Anode beobachtet, und bei der Unterbrechung einige Zeigerdrehungen zur Kathode. Bei 20 Elementen: Fallen mit ausgebreiteten Flügeln nach den entsprechenden Seiten bei der Öffnung wie auch beim Schliefsen des Stromes. Beim Kaninchen wurden beim Durchleiten eines Stromes von 1 bis 3 Elementen durch den Kopf Umwälzungen um die Längsaxe des Körpers während einiger Minuten nach der Seite der Anode, und nach der Unterbrechung des Stromes nach der Seite der Kathode*) hin beobachtet. Der Nystagmus war scharf ausgeprägt.

Beobachtungen **J. Breuers** (1888).

I. Der konstante Strom wird quer durch den Kopf einer Taube durchgeleitet. Eine Elektrode wird auf dem Bauche angebracht, die andere auf dem geschorenen Nacken. Das Tier ist an Füfsen und Flügeln gefesselt. Als Reaktionszeichen dienen die Kopfbewegungen.

Erscheinungen bei schwachen Strömen: Neigung des Kopfes nach der Anode hin, wobei sich der Kopf um die horizontale Axe von vorn nach hinten in der front. Ebene bewegt. Setzt man nun die Anode auf den Kopf, so sind alle Erscheinungen stärker, aber auch der Strom mufs stark sein. Bei schwachen Strömen tritt eine Reaktion nur dann ein, wenn man auf den Scheitel die Kathode aufsetzt. Die Reaktion wird noch deutlicher bei Be-

*) SPAMER. Berliner klinisch. Wochenschrift. 1877, No. 41.

rührung der entblöfsten halbkreisförmigen Kanäle mit einer Nadel-Elektrode; sie äufsert sich schon bei 0,15 Milliampère. Diese Bewegungen, die nicht in einer bestimmten Ebene geschehen, nennt BREUER „diffuse Reaktion“.

II. Versuche mit der Galvanisation des Kleinhirns.

Im hinteren Quadranten, oberhalb der Kreuzung der Kanäle, hinter dem sagittalen Kanal wurde der ganze spongiöse Knochen entfernt. Durch ein dünnes Knochenplättchen schimmert hier der Seitenteil des Kleinhirns hinter dem Flocculus hindurch.

Eine flache Elektrode, und zwar die Anode, wird auf den Bauch gesetzt, während die Kathode als dünne Nadel in das Kleinhirn in der Mitte des Knochenplättchens in einer Tiefe von 2—3 mm gestofsen wird.

Reguliert man nun mittels eines GÄRTNERschen Rheostats den Strom derart, dafs beim Stromschlufs gar keine Zuckung des Kopfes eintritt, und zieht man nun die Nadel aus dem Kleinhirn heraus, um mit ihr einen Bogengang zu berühren, so tritt eine *deutliche* Reaktion auf.

Der Versuch kann noch derart angestellt werden, dafs von zwei gleichen Nadeln die eine ins Kleinhirn gestofsen, die andere an einen Bogengang befestigt und der Strom bald durch die eine, bald durch die andere Nadel geleitet wird. Ströme nun, welche keine Wirkung auf das Kleinhirn zeigen, rufen, durch den Bogengang geleitet, eine deutliche Reaktion hervor. Das Hineinstofsen der Nadel ins Kleinhirn erzeugt keine Erscheinungen.

Aus den Versuchen kann gefolgert werden, *dafs die Bewegungsstörungen in der That durch Reizung der halbkreisförmigen Kanäle und nicht durch Reizung des Kleinhirns hervorgerufen werden*, wie dies von einigen fälschlich behauptet wird. (HITZIG, du Bois-Reymonds Archiv.)

III. Isolierte Galvanisation der Ampullen.

Der Induktionsstrom war für diese Art von Versuchen untauglich, weswegen BR. nur konstante Ströme benutzte, deren Stärke er mittels eines Rheostats ändern nnd regulieren konnte. Als Elektroden dienten dünnste vergoldete Nähnadeln, welche auf ihre ganze Strecke durch eine dünne Schicht Siegellack isoliert waren; nur die Spitzen blieben in einer Länge von 3—4 mm frei. In de Öhren sind dünnste umsponnene Kupferdrähte eingefädelt, deren anderes Ende in ein Gefäfs mit Quecksilber gesenkt ist. Bei den Versuchen wurden beide Elektroden an die Ampulle und den Kanal befestigt. Das Anbringen einer Elektrode auf dem Rumpfe hat sich als unbequem erwiesen. Die Füfse und Flügel der Taube sind gefesselt, so dafs die Reaktion nach den Kopfbewegungen beurteilt wird.

1. Versuche mit der *linken frontalen Ampulle*.

Man entfernt den porösen Knochen zwischen der horizontalen Ampulle und dem horizontalen Kanal. Danach wird nach hinten und unten eine Nadel derartig geleitet, dafs ihre Spitze die entblöfste glänzende Fläche der Ampulle berührt; um sie zu fixieren, stöfst man sie nun in den dahinter befindlichen Knochen.

Damit der Versuch gelinge, ist es notwendig, dafs die Nadel die Ampulle ziemlich tief nach unten und nach aufsen in der Nähe der Kanalmündung berühre. Der hervortretende Teil der Nadel wird mit einem Schwamme dicht an den Kanal gedrückt. Die zweite Nadel wird auf dem emporsteigenden Teil des frontalen Kanals befestigt, zwischen ihm und dem Überbleibsel des ihn bedeckenden Knochens. Die Reizung beginnt mit den schwächsten Strömen, welche allmählich verstärkt werden. Die Durchleitung geschieht in kurzen Zwischenräumen, weil die Ampullen schnell ermüden.

Die schwächsten Ströme ergeben eine „diffuse Reaktion“. Bei allmählicher Verstärkung des Stromes entstehen bald Kopfbewegungen, und es tritt Neigung des Kopfes nach *rechts vorn* d. h. in der Ebene des frontalen Kanals (siehe die Zeichnung i. d. Abschnitt über die Methoden), wenn die ampullare Nadel die Kathode ist, auf. Wenn die Anode die Ampulle berührt, so wird beim Schliefsen schwacher Ströme oft eine Kopfbewegung von schwer zu bestimmender Richtung beobachtet, und bei Stromunterbrechung erscheint eine scharfe Bewegung in der Ebene des Kanals.

Manchmal hat die Bewegung nicht die Richtung nach rechts vorn, sondern die diagonale Richtung in der vertikalen Ebene nach links hinten. Beim Stromwechseln wird ab und zu beobachtet, dafs bei Ampullenkathode die Bewegung nach rechts vorn, während sie bei Ampullenanode nach links hinten vor sich geht.

Ein vollkommen isoliertes Galvanisieren des Kanals, wie MACH wünscht, ist natürlich unmöglich, selbst wenn auch alle von ihm angeführten Vorsichtsmafsregeln beobachtet werden. Zweierlei Bewegungen müssen bei diesen Versuchen scharf unterschieden werden: Kopfbewegungen, welche überhaupt ohne eine bestimmte Richtung ausgeführt werden — „diffuse Reaktion“, und Kopfbewegungen, welche in der Ebene des gereizten Kanals geschehen — „spezifische Reaktion“. Die diffuse Reaktion tritt schon bei schwachen Strömen auf; sie wird durch Stromschleifen hervorgerufen, welche den Vorhofsapparat berühren. Da nun die diffuse Reaktion neben der spezifischen Reaktion, welche nur durch stärkere Ströme bedingt wird, auftreten kann, wodurch Bewegungen in einer nicht zu bestimmenden Ebene zustande kommen, so müssen die Elektroden nach der oben angegebenen Weise angebracht werden, damit die Nebenströme den Vorhofsapparat möglichst wenig erregen.

2. Versuche mit der *linken sagittalen* Ampulle.

Der Knochen des Schädels mufs möglichst geschont werden; es werden in demselben zwei Löcher derart gebohrt, dafs man durch das eine mit der Nadelspitze den vorderen Teil der Ampulle, durch das andere mit einer zweiten Nadel den aufsteigenden Teil des Kanals erreichen kann. Die Nadeln werden in ihrer Lage mit Schwämmen fixiert. Wenn die ampullare Nadel die Kathode ist, neigt sich der Kopf nach *rechts hinten*. *Selten* wird der Kopf nach *vorn links* geneigt.

3. Versuche mit der *linken horiz.* Ampulle.

Am schwierigsten ist es reine Bewegungen bei der Reizung der horiz. Ampulle hervorzurufen. Zu diesen Bewegungen gesellt sich sehr leicht eine front. Neigung. Letztere steht vielleicht in einem Zusammenhange mit einem Übergang des Stromes auf die macula recessus utriculi, welche mit der horiz. Ampulle eng verbunden ist. Am besten ist es, den Elektroden folgende Lagen zu geben. Zur Isolirung der sagitt. Ampulle wird ein Stückchen dünnsten Kautschuks in die Höhle des oberen, vorderen, durch die Kreuzung gebildeten Quadranten hineingebracht und an die innere Wand des Schädels gedrückt. Die isolierten Nadeln werden durch zwei in dem Schädelknochen befindliche Öffnungen geleitet, wie bei der Reizung des sagitt. Kanals. Die vordere Nadel berührt den vorderen Rand des horiz. Kanals und die hintere die *obere* Fläche der horiz. Ampulle oder ihren *äufseren* Rand. Wenn die Anode an der Ampulle ruht, und der Strom nicht sehr schwach ist, so wird eine fast horiz. Bewegung des Kopfes nach *rechts* ausgeführt. Bei diesen Versuchen ist es am ratsamsten, den Strom während einiger Sekunden durchzuleiten und dann denselben zu unterbrechen.

Die Reizung geschieht hierbei nach den Gesetzen der Reizung der motorischen Nerven: Anodenschliefsung bei sehr schwachen Strömen reizt ebenso wie die Anodenöffnung. Oft kann man nach sehr starken Strömen, die eine front. Bewegung hervorriefen, im Moment der Stromöffnung sehr deutlich horiz. Schwingungen beobachten. Manchmal erhält man bei einer anderen Lage der Nadeln eine Wendung des Kopfes nach links. Es ist für den Versuch demnach am vorteilhaftesten, wenn die Anode die vordere Hälfte der Ampulle berührt.

Beobachtungen **R. Ewalds** (1890).[193])

Es liegt die Notwendigkeit vor, endgültige Experimente dahin anzustellen, um zu entscheiden, ob die Störungen beim Galvanisieren des Kopfes auf eine Reizung der halbkreisförmigen Kanäle oder auf eine Reizung des centralen Nervensystems zurückzuführen sind.

1. *Versuch*: Die Elektroden werden in die äufseren Gehörgänge von Tauben eingeführt. Ihre Enden sind mit Schwämmen versehen. Bei Durchleitung des Stromes quer durch den Kopf beobachtet man Erscheinungen, die am Menschen, an Hunden, Kaninchen und anderen Tieren beschrieben sind, nämlich: bei Stromschlufs zuckt der Kopf immer nach der Anode hin. Bei der grofsen Beweglichkeit des Kopfes der Taube treten die Symptome des galvanischen Schwindels schon bei 6 Volt. auf.

2. *Versuch. Vollständige beiderseitige Exstirpation des Labyrinths.* Während der Durchleitung des Stromes sieht man nicht die geringste Neigung des Kopfes, selbst nicht bei 20—25 Volt.

3. *Versuch. Einseitige Exstirpation des rechten Labyrinths.* Die Anode befindet sich auf der rechten Seite.

Bei Durchleitung des Stromes sieht man eine Neigung des Kopfes nach rechts, welche mit der steigenden Stärke des Stromes allmählich gröfser wird, wobei der Kopf eine Reihe typischer Lagen einnimmt, welche zuletzt zu einer Spiraldrehung des Halses führen. Wenn die Anode sich auf dem unverletzten Ohr befindet, so sind bei einem Strome von 20 Volt. keine Kopfbewegungen mehr zu sehen. Beim Galvanisieren erinnern die Bewegungen der Augen an den Nystagmus der Säugetiere während des Kopfschwindels. Bei den Tauben ist die Pupille auf der Seite der Kathode erweitert, während die Pupille auf der Seite der Anode stark verengt ist.

Diese Erscheinung fehlt auch nicht nach doppelseitiger Exstirpation des Labyrinths.*)

---

[193]) R. EWALD. Die Abhängigkeit des galvanischen Schwindels vom inneren Ohr. Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften. 1890. 18. Okt. No. 42 p. 753—755.

*) Weitere Beobachtungen R. EWALDs (1892). Siehe Original l. c. Kap. XI. Die elektrische Reizung des Labyrinths. Die Elektroden für den Kopf der Tauben. Die elektrische Durchströmung des ganzen Labyrinthes u. s. w.

VERTEBRATA.

Mammalia.

I. Monotremata.
II. Marsupialia.
III. Placentalia.

a. Adeciduata.

1. Edentata.
2. Cetacea.
3. Sirenia.
4. Perissodactyla: Fam. Tapiridae.
   „ Rhinoceridae.
   „ Equidae: Equus caballus.
5. Artiodactyla: „ Pachydermata: Sus europaeus, S. africanus, S. scrofa, Hippopotamus amphibius u. a.
   „ Ruminantia: Bos taurus, Bison, Cervus u. a.

b. Deciduata.

1. Proboscidae: „ Elephantidae.
2. Lamnungia.
3. Rodentia: „ Leporidae: Lepus timidus, L. cuniculus (Kaninchen) u. a.
   „ Subungulata: Cavia aperea, Cavia cobaya (Meerschw.) u. a.
   „ Hystricidae (Igel).
   „ Lagostomidae.
   „ Dipodidae.
   „ Muridae: Mus rattus, M. musculus u. a.
   „ Arvicolidae.
   „ Georhychidae.
   „ Castoridae.
   „ Myoxidae.
   „ Sciuridae: Sciurus vulgaris (Eichhorn) u. a.
4. Insectivora.
5. Carnivora (Ferae) „ Canidae: Canis lupus, C. familiaris, C. vulpes u. a.
   „ Ursidae.
   „ Felidae: Felis leo, F. tigris, Felis catus, F. domestica u. a.
6. Pinnipedia.
7. Chiroptera.
8. Prosimiae.
9. Primates.

3. Rodentia, Lepus cuniculus.

Versuche an Kaninchen.

Canalis horizontalis sinister.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Das Durchschneiden ist schmerzhaft. Horiz. Kopfbewegungen *von links nach rechts* und *von rechts nach links*. Sie verschwanden während des Ruhezustandes und erschienen wieder bei Bewegungen. Die Kopfschwingungen dauerten beim Kanichen nicht blofs einen Augenblick an wie bei den Tauben, sondern einige Stunden, nur allmählich schwächer werdend. Im Ruhezustand ist der Kopf *fast immer* nach *links* gerichtet, selten ist seine Stellung eine normale und *niemals* ist er nach *rechts* gewendet. Das Kaninchen dreht sich oft nur nach der linken Seite.

Bornhardt.

Durchschneidung des rechten horiz. Kanals beim Kaninchen.

1) Als B. während der Operation bis zur Knochenkapsel des horiz. Kanals gelangte und über den noch nicht geöffneten Kanal mit einem schmalen Messer oder mit einer Nadel strich, wurde sofort eine Bewegung der Augen von der Wunde ab, d. h. von rechts nach links hervorgerufen, auch schwache Kopfschwingungen traten auf.

2) Der Kopf des Kaninchens wird *nach rechts* gezogen, wenn es sich in im Ruhezustande befindet. Die primären *Manègebewegungen* finden nach rechts statt, doch dauern sie nicht lange an, denn das Tier dreht sich bald darauf eine längere Zeit hindurch nach *links*. Diese Bewegungen nennt B. *sekundäre Manègebewegungen*.

3) Wenn das Kaninchen zusammengekauert sitzt, als wollte es dadurch dem Drang, sich nach rechts bewegen zu müssen, widerstehen, so kommt es vor, dafs der obere Teil der Körpers eine langsame Bewegung *nach links* ausführt, um dann nach rechts zu schnellen; diese Erscheinung tritt mehrmals hintereinander auf.

4) Es kommt vor, dafs, während das Kaninchen vollständig normal sitzt, plötzlich sein Kopf und der vordere Teil des Rumpfes *nach rechts* gezogen wird.

5) Wenn das Kaninchen sich schüttelte, so bog es sich nach rechts. Sobald sein Kopf nach rechts gezogen wurde, suchte es Gegenstände zu lecken, die sich links von ihm befanden; zugleich suchte es sich auch mit der rechten Seite des Körpers an irgend einen Gegenstand zu stützen.

$^1/_2$ Stunde nach der Operation:

6) Nach jedem Aufheben und Hinlegen des Kaninchens auf den Tisch wurden starke schwingende Bewegungen des Kopfes und der Augen hervorgerufen. Dasselbe geschieht, wenn das Kaninchen schnell auf den Fufsboden gesetzt wird.

7) Im Ruhezustande befindet sich der Kopf in der Mittellinie.

8) Die Manègebewegungen sind schwach ausgedrückt. Das Kaninchen dreht sich öfter *nach links*.

9) Wenn im Augenblicke, da man das Kaninchen auf den Fufsboden setzt, dessen Kopf von einem Finger gestützt wird, so treten keine schwingenden Bewegungen ein. Sie treten auch nicht ein, wenn das Kaninchen sehr leise niedergesetzt wird.

3—4 Stunden nach der Operation:

10) Starke schwingende Bewegungen werden nur hervorgerufen beim Hinlegen des Tieres auf den Fufsboden und erfolgen nicht bei Drehungen in der horiz. Ebene. Jede andere starke Bewegung oder Reizung des Tieres ruft schwingende Bewegungen des Kopfes hervor.

Cyon (1878) bestätigte die Beobachtungen Bornhardts an den Kaninchen.

Bewegung und Stellung der Augen.

Flourens.

Die oben beschriebenen Bewegungen wurden jedes Mal von einer sehr schnellen Bewegung der Augen und der Augenlider begleitet. (Agitation très-vive des yeux et des paupières). Im Ruhezustande bewegten sie sich nicht.

Bornhardt. Den 19. IV. 1875.

1) Das Schaben an den Knochenkanälen ruft eine Bewegung der Augen von der Wunde weg hervor.

2) Die Augen werden stofsweise stark nach rechts gezogen und darauf langsam nach links gelenkt, auch dann, wenn der Kopf sich ruhig verhält. Der Kopf scheint diesen Augenbewegungen nur zu folgen.

3) Das Berühren des Bodens der Wunde ruft sogleich die erwähnten Bewegungen des Kopfes und der Augen hervor, welche oft sehr stark sind; die Bewegung der Augen wird noch schärfer, wenn man den Kopf an weiteren Bewegungen, z. B. mit der Hand hindert.

4) Äufserst auffallend ist Folgendes: wenn B. ein Tuch an den Boden der Wunde drückte, so bewegten sich die Augen *nach links*, d. h. von der Wunde weg. Bei Wegnahme des Tuches führten sie eine Bewegung *nach rechts* aus, d. h. zur Wunde hin. Wenn man das Tuch längere Zeit an die Wunde drückte, so hörte die Bewegung der Augen *nach links* (von der Wunde weg) auf; aber nach der Wegnahme des Tuches traten sogleich Augenbewegungen nach rechts (zur Wunde hin) auf. Wenn das Kaninchen nicht gefesselt ist, werden die eben erwähnten Augenbewegungen *nach rechts* von Kopfbewegungen in gleicher Richtung begleitet.

Cyon 1878.

C. führt alle Behauptungen Bornhardts hinsichtlich der Augenbewegungen mit einigen Modifikationen wieder an.

Canales semicirculares 2 horizontales sinister et dexter.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

FLOURENS.

Die horiz. Kopfbewegung *von links nach rechts* und umgekehrt war sehr stark; manchmal waren auch die Vorderpfoten und der Vorderteil des Rumpfes von den Bewegungen erfafst.

Im Ruhezustand hörten die Kopfbewegungen auf.

Sobald sich das Tier bewegte oder auch nur den Kopf aus der Ruhelage brachte, traten die pendelartigen Schwingungen wieder auf.

Die Schwingungen wurden, nachdem sie eine gewisse Gröfse und eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hatten, allmählich wieder schwächer, so dafs schliefslich blofs ein leichtes Zittern verblieb, welches auch bald vollständig aufhörte.

Der früher nach links gewendete Kopf nahm nach der Durchschneidung des rechten horiz. Kanals fast seine normale Mittelstellung an. Vorher drehte sich das Tier nur nach links, jetzt drehte es sich bald nach der einen, bald nach der anderen Seite.

BORNHARDT.

1) Sogleich nach der Läsion des *linken* horizontalen Kanals stellten sich schwingende Kopf- und Augenbewegungen ein; das Tier fiel auf die rechte Seite, später vorzugsweise auf die linke Seite, im weiteren Verlauf *nur* auf die linke Seite.

2) Der Kopf wird nach *links* gezogen; daraufhin aber bei augenscheinlicher Beteiligung des Willens von seiten des Tieres in die Mittellinie geführt.

3) Schwingende Kopf- und Augenbewegungen wurden unmittelbar nach der Durchschneidung bemerkt; nach 5 Minuten verschwanden sie vollständig.

4) Nach der Durchschneidung des *rechten*, horiz. Kanals bog sich der Kopf krampfhaft *nach links*, wobei schnelle Kopf- und Augenbewegungen entstanden. Nach 2—3 Min. nahm der Kopf die Lage der Mittellinie ein und vollführte schwingende Bewegungen; die Augen bewegten sich *von rechts* nach links, das Tier fiel manchmal um.

5) Bei jedem Bewegungsversuche vollführt der Kopfe pendelartige Bewegungen um die Mittellinie, welchen der Vorderteil des Rumpfes folgt.

6) Ähnliche pendelartige Bewegungen vollführt der Kopf, wenn das Kaninchen von einer gewissen Höhe herab auf den Tisch gesetzt wurde. Im allgemeinen traten sie bei allen starken Bewegungen hervor.

7) Wenn das Tier jedoch nach links und rechts in gerader Linie auf horiz. Ebene geschoben wurde, traten keine pendelartigen Bewegungen auf.

8) Stöfst man das Tier, so treten dieselben Erscheinungen auf.

Bewegung und Stellung der Augen.

FLOURENS.

Die Bewegungskraft der Augen und Lider ist den Schwingungen des Kopfes proportional.

Bornhardt.

Schwingende Bewegungen des Kopfes und der Augen wurden nur unmittelbar nach dem Durchschneiden bemerkt; nach 5 Minuten verschwanden sie ganz. Gleich nach dem Durchschneiden bewegten sich die Augen von *links nach rechts*.

Bewegung und Stellung der vorderen und hinteren Extremitäten und des Rumpfes.

Flourens.

1) Die Vorderpfötchen wurden mit dem Kopf zugleich von *rechts nach links und umgekehrt* mitgezogen.

2) Der Vorderteil des Rumpfes vollführte zugleich mit den Pfoten und dem Kopfe Bewegungen *von links nach rechts und umgekehrt*. Schnelle Bewegungen waren unmöglich. Beim Versuch zu laufen fiel das Tier um und drehte sich um seine Längsaxe.

3) Nach Durchschneidung des linken horiz. Kanals drehte es sich nur *nach links*, und nach der Durchschneidung des rechten bald nach der einen, bald nach der anderen Seite.

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Ein Kaninchen wurde drei Monate lang beobachtet. Es frafs von selbst. Die Schwingungen des Kopfes verschwanden nicht, aber sie wurden schwächer, infolge wovon auch die übrigen Bewegungen keine besondere Störung zeigten. Drehungen bald nach der einen, bald nach der anderen Seite kamen manchmal vor. Die intellektuellen Fähigkeiten des Kaninchens blieben intakt.

Canalis semicircularis horizontalis dexter.

Flourens' Versuche mit der Durchschneidung des *rechten* horiz. Kanals ergaben dieselben Resultate, wie diejenigen mit der Durchschneidung des linken, nur im umgekehrten Sinne. Der Kopf richtet sich fast immer *nach rechts* und die Manègebewegungen geschehen auch *nach rechts*.

Canalis semicircularis frontalis.

Flourens.

Nach dem Durchschneiden plötzliche senkrechte Bewegungen des Kopfes *von unten nach oben und von oben nach unten*; im Ruhezustande verschwanden dieselben. Bei der geringsten Bewegung erneuerten sie sich. Ihre Stärke war direkt proportional der Geschwindigkeit der willkürlichen Bewegungen. Die Schwingungen wurden, nachdem sie die gröfste Ausdehnung erreicht hatten, allmählich kleiner; sie endeten schliefslich mit einem Tremor.

Manchmal beschreibt der Kopf bei Bewegungen *von unten nach oben* und umgekehrt einen *Halbkreis* nach rechts oder nach links und zieht häufig den Rumpf des Tieres, welches infolgedessen fast vollständig nach hinten umkippt, nach sich. Im Gegensatz zu den Tauben dauern hier die Bewegungen stundenlang nach der Operation fort.

Bornhardt.

Durchschneidung des Canalis frontalis dexter.

1) Sofort danach stark rotierende Bewegungen *der Augen* nach hinten *und rechts*. Nach einigen Sekunden vollführte der Kopf ähnliche Bewegungen nach *hinten und rechts*. Diese Bewegungsrichtung blieb konstant.

2) Jede Bewegung des Tieres verstärkt die erwähnten Bewegungen des Kopfes und der Augen.

3) Durch Reizung des Gehörgangs wird ein schwaches Zurückwerfen des Kopfes nach *hinten und rechts* hervorgerufen, manchmal beobachtet man auch Nicken des Kopfes.

4) Während des Springens wird der Kopf des Tieres merklich *nach hinten* gezogen.

Bewegung und Stellung der Augen.

Flourens.

Die Bewegungen der Augäpfel und der Lider begleiten die Schwingungen des Kopfes, nach deren Aufhören sie ebenfalls verschwinden.

Bornhardt.

1) Sogleich nach dem Durchschneiden erschienen sehr scharfe rotierende Bewegungen der Augen nach *hinten* und *rechts*.

2) Die Augenbewegungen werden verstärkt, wenn man die Lider des Tieres auseinanderdrängt. Sie dauern in schwächerem Maßstabe fort, wenn der Kopf keine Bewegungen macht.

3) Die Augen bewegen sich schnell und stoßweise in der oben genannten Richtung d. h. nach *hinten* und *rechts*, und kehren langsam in die normale Lage zurück.

4) Jede Bewegung des Tieres verstärkt die beschriebenen Bewegungen des Kopfes und der Augen.

5) Durch Reizung des äußeren Gehörgangs an der Übergangsstelle des knorpligen Teiles in den knöchernen werden stärkere rotierende Bewegungen der Augen und schwaches Zurückwerfen des Kopfes nach hinten rechts hervorgerufen; manchmal bemerkt man auch Kopfnicken.

Bewegung und Stellung der Vorder- und Hinterbeine und des Rumpfes.

Flourens.

Die Kopfbewegung bedingt den Drang, sich nach hinten zu überschlagen; dadurch wird die Regelmäßigkeit im Stehen, Gehen und besonders die Regelmäßigkeit im Laufen gestört.

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Das Kaninchen bewahrt seine intellektuellen Fähigkeiten.

Canales semicirculares 2 frontales sin. et dextr.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Nach der Durchschneidung ist die senkrechte Bewegung *von unten nach oben* und *von oben nach unten* bedeutend stärker als bei der einseitigen

Durchschneidung; infolge dessen kam das Überschlagen *nach hinten* öfter und stärker vor. Allmählich, wie auch in den vorigen Fällen, werden die Kopfbewegungen schwächer und verschwinden im Ruhezustande. Jede Bewegung ruft Schwingungen des Kopfes hervor und verstärkt sie.

Bornhardt.

1) Über Erscheinungen von seiten des Kopfes nach der Operation wird nichts gesagt.

Am folgenden Tage:

2) Beim Riechen wird sehr deutliches Schleudern *nach hinten* bemerkt, z. B. beim Beriechen des Fußbodens kehrt der Kopf nicht gerade in seine normale Lage zurück, sondern wird mehr nach hinten bewegt, und erst dann kehrt er von hinten nach vorn in die normale Lage zurück.

3) Beim Vorstrecken des Kopfes wird auch ein schwaches Zurückwerfen beobachtet.

Ein Tag später:

4) Das Zurückwerfen drückt sich beim Gehen viel schwächer aus. Wenn das Tier sich in Ruhe befindet, führen Kopf und Augen keine anormalen Bewegungen aus.

Bewegung und Stellung der Augen.

Flourens.

Zugleich mit den Kopfbewegungen entstehen auch rotierende Bewegungen der Augen und Zuckungen der Augenlider.

Bornhardt.

Die Augen vollführen schwache, rotierende Bewegungen.

Bewegung und Stellung der Vorder- und der Hinterbeine und des Rumpfes.

Flourens.

Infolge der verstärkten Kopfbewegung ging das Überschlagen *nach hinten* öfter und stärker vor sich. Der Gang, der Lauf und die Sprünge wurden viel ungeregelter und unregelmäßiger.

Bornhardt.

Beim Versuch zu laufen wird beim Tiere eine Neigung zum Fallen und Überfallen in der Richtung nach hinten bemerkbar.

Folgeerscheinungen.

Flourens.

Ein 2 Monate altes Kaninchen lebte 7—8 Tage nach der Operation. Es fraß von selbst. Die charakteristischen Kopfbewegungen wurden die ganze Lebenszeit hindurch beibehalten. Die intellektuellen Fähigkeiten waren erhalten.

Canalis semicircularis sagittalis sinister.

Bewegung und Stellung des Kopfes.

Flourens.

Die Durchtrennung des Kanals ohne Kleinhirnverletzung gelingt nur bei einem 12—15 Tage alten Kaninchen. Senkrechte Kopfbewegung *von oben nach unten* und *umgekehrt* mit Neigung zu Purzelbewegungen *nach vorn* (wie bei den Vögeln). Manchmal gesellten sich horizontale Bewegungen hinzu, dann drehte sich das Tier nach dieser oder jener Seite.

Erscheinungen von seiten der Extremitäten.

Bornhardt fand Schwäche *einer hinteren* oder *beider hinteren* Extremitäten, je nachdem der Kanal auf einer oder auf beiden Seiten durchschnitten worden war. Die Schwäche kommt durch Nachschleppen des betreffenden Gliedes zum Ausdruck.

Über das Verhalten der vorderen Extremitäten wird nichts erwähnt.

Beobachtungen **Ewalds** (1892).

Kaninchen mit einseitig *exstirpiertem Labyrinth* zeigen ein Symptom in ausgesprochener Weise. Es sind dies die Rollungen kurze Zeit nach der Fortnahme eines Labyrinths.

5. Carnivora.

Canis familiaris.

Versuche an Hunden.

Beobachtungen von **Rich. Ewald** (1892).

Ewald exstirpierte zu beiden Seiten das Labyrinth von Hunden. [Da es leider nicht mehr möglich war, das Referat an dieser Stelle anzubringen, so wird hiermit auf den Abschnitt über die Experimentalmethoden verwiesen.]

Folgerungen

aus den Versuchen an den Bogengängen.

I.

Folgerung **Flourens'**.

Das Durchschneiden des *horizontalen* Kanals einer Seite, insbesondere aber die beiderseitige Durchschneidung zieht eine starke *horizontale* Kopfbewegung nach sich; das Durchschneiden eines frontalen Kanals, insbesondere aber beider Kanäle hat eine starke *vertikale* Kopfbewegung mit einer Neigung, sich nach hinten zu überschlagen, zur Folge. Die Durchschneidung des Sagittalkanals, mehr aber noch die Durchschneidung beider Sagittalkanäle bedingt eine vertikale Kopfbewegung mit dem Bestreben nach vorn zu purzeln.*) Demnach entsprechen die Schwingungen des Kopfes nach der Durchschneidung verschiedener Kanäle den drei Dimensionen des Raumes (de directions principales ou cardinales de tout mouvement: d'avant en arrière et d'arrière en avant; de haut en bas et de bas en haut, de droite à gauche et de gauche à droite).

Seine Beobachtungen zusammenfassend, formuliert Flourens folgendes Gesetz:

*) p. 484. „La section de chaque canal détermine donc une suite de mouvements lesquels s'exécutent dans le sens même de la direction du canal. Il y a donc un rapport donné, un rapport constant entre la direction de chaque canal semi-circulaire et la direction du mouvement produit par la section de chaque canal".

Das Durchschneiden eines jeden Kanals ruft Bewegungen in der Richtung des durchschnittenen Kanals hervor.

E. HARLESS (1853)*) konnte blofs teilweise die Beobachtungen FLOURENS' bestätigen. Letzteres kommt vielleicht daher, weil H. die Tauben in Äternarkose operierte, welche die Bewegungsstörung wohl schwächen dürfte.

CZERMAK (1860)**)

Die Art der Bewegungsstörungen variiert sehr und hängt von der Stelle, an welcher durchgetrennt wird, sowie von der Methode der Durchtrennung des Kanals ab. Je reiner die Verletzung des Bogenganges geschieht, desto schwächer sind die Erscheinungen ausgeprägt.

SOLUCHA und CYON (1873).

Die Richtung der Kopfbewegungen steht aufser allem Zweifel, jeder besondere Bogengang steht in einem bestimmten Verhältnis zu einer der drei Dimensionen. Die Kopfbewegungen gehen *immer* den allgemeinen krampfhaften Bewegungen voran. Die Bewegungen sind viel stärker nach Durchschneidung der senkrechten Kanäle als nach den Operationen an den horiz. Kanälen.

CURSCHMANN (17/I 74).

Die Verletzung einzelner Kanäle wird, je nachdem die Verletzung auf einer oder zwei Seiten geschehen ist, von verschiedenen Erscheinungen begleitet. Seine Beobachtungen stimmten demnach mit denen von FLOURENS nicht überein. C. bemerkte bei doppelseitiger Verletzung der horiz. Kanäle eine Coordinationsstörung der Muskelbewegungen um die vertik. Axe, nach Läsion zweier senkrechten eine Gleichgewichtsstörung um die Queraxe. Die senkrechte Axe wird hierbei zwischen den Insertionsstellen der Flügel und die Queraxe horiz. über diesen Stellen angenommen.

STEFANI (1876).[195])

Konnte die FLOURENSschen Beobachtungen an Tauben nicht bestätigen.

SPAMER (1880).

Kam zu dem Schlusse, dafs das Durchtrennen eines jeden Kanals von ein und denselben Erscheinungen begleitet werde. MATTES' (1892) l. c. Versuche stimmen mit denen SPAMERS überein.

---

*) E. HARLESS. „Ich sage „teilweise", weil meine bisherigen Versuche an Tauben wohl den Verlust der Coordination nach Abtragung des einen oder anderen Bogenganges unzweifelhaft bestätigten, allein nicht ganz zu den gleichen Resultaten in Beziehung auf die Art und Weise der Störung in den einzelnen Fällen führten, welche FLOURENS bei den seinigen erzielte. So hätte eine Taube z. B. das Vermögen verloren, sich im Gleichgewicht zu erhalten, als sie aus der Äthernarkose erwacht war, während welcher der horizontale Bogengang entfernt worden war. Später konnte sie wohl stehen, lief aber, wenn sie aufgescheucht wurde, stets nach der verletzten Seite hin im Kreise, auch wenn der Gegenstand ihrer Furcht in dieser Linie sich befand".

**) CZERMAK. p. 627. „Trotzdem kann ich jedoch nicht unerwähnt lassen, dafs dieselben, je nach dem Vorgehen, *wie* und *an welchem Teile* der Bogengänge das Experiment vollbracht wird, sich sehr verschieden zeigen. — Je mehr das Verletzen der die Bogengänge verfolgenden venösen Sinus und dadurch die *Blutung* gemieden wird, — je reiner ferner die Verletzung der Bogengänge geschieht, mit desto geringerer Hast werden die erwähnten Bewegungsstörungen eintreten. Auch der *Verletzungsort* der Bogengänge scheint auf den Grad der Störungen von sehr grofsem Einflusse zu sein."

[195]) ARISTIDE STEFANI. Untersuchungen über die Physiologie der halbcirkelförmigen Kanäle. Ref. Arch. f. Ohrh. Bd. XI. p. 85. 1876.

Die Flourenssche Ansicht teilen: Berthold, Cyon und Solucha, Bornhardt, Cyon (1878) und einige andere.

Breuer (1888).

Eine mechanische, thermische oder elektrische Reizung jeder Ampulle ruft eine Bewegung in der Ebene des entsprechenden Kanals hervor; hierbei ist eine direkte Reizung des Kleinhirns nicht ausgeschlossen.

Fano und Masini (1891).

Die durch Verletzung der Bogengänge entstandenen Bewegungsstörungen entsprechen nicht den drei Dimensionen. Nur nach der Entfernung des horiz. Kanals werden fortwährende anormale Bewegungen beobachtet. Gleichzeitige Zerstörung beider front. oder sagitt. Kanäle ruft nur vorübergehende Erscheinungen hervor. Das Tier kann schon einige Tage nach der Operation normal umherfliegen und laufen.

II.

Folgerung **Flourens'** (1828).

Gleichgewichtsstörungen werden nicht durch die Läsion der Knochenkanäle, sondern durch die Läsion der in ihnen eingeschlossenen *häutigen* Kanäle, an welche die Nervenzweige herangehen, hervorgerufen. Eröffnung des Knochenkanals bei Tauben *ohne gleichzeitige Läsion des häutigen Kanals* zieht *keinerlei* Bewegungsstörungen nach sich.

Mit Flourens stimmen überein Goltz (1870), Solucha und Cyon (1873), Breuer (1874—75), Curschmann (1874), Bornhardt (1875), Spamer (1880), Steiner (1886) (Fische), Breuer (1888).

Brown-Séquard (1860).

Alle die oben beschriebenen Erscheinungen werden nur durch die Reizung der Ampullarnerven herbeigerufen.

Czermak (1860). *)

Zweifelt daran, dafs die Bewegungsstörungen einzig und allein von der Läsion der häutigen Kanäle, welche ja keine Nerven enthielten, abhängen. Dieses hat übrigens Flourens niemals behauptet; er hatte vielmehr immer auch die Teilnahme der Ampullarnerven im Auge.

Berthold (1874)

beobachtete nach der Eröffnung des knöchernen Kanals Schwäche in der Extremität der operierten Seite.

Bornhardt glaubt, dafs Berthold, ohne es zu merken, den häutigen Bogengang mit lädiert habe.

---

*) Czermak. p. 628. — Die eigentlichen Bedingungen der erwähnten merkwürdigen Erscheinungen können daher bei Weitem noch nicht als festgestellt betrachtet werden; „es ist sogar auch das fraglich, ob die Störungen eintreten würden, wenn sich die Verletzungen *ausschliefslich* und *allein* auf die häutigen Bogengänge beschränkten, welche in Knochenkanälen eingeschlossen sind. Dieser Zweifel ist schon deswegen gestattet, weil nicht anzunehmen ist, dafs die beinahe ganz aus einer strukturlosen, glasartigen Membran bestehenden Bogengänge die Bewegung direkt influenzieren, daher in jedem Falle zwischen der Verletzung der Bogengänge und der enormen Störung der Bewegungsfunktionen ein mittelbarer Zusammenhang gesucht werden mufs".

R. Ewald erklärt in Übereinstimmung mit Berthold, dafs das Ausfliefsen von Perilymphe von Schwäche der Extremitäten begleitet wird.

III.

Folgerung **Flourens'** (1828).

Die Stärke der Gleichgewichtsstörung ist direkt proportional der den Kanälen beigebrachten Läsion: dem Stich (piqûre), der Durchtrennung, dem Zerquetschen*) (broiement) und der vollständigen Zerstörung (destruction); die einseitige Läsion eines Kanals zieht eine viel schwächere Störung nach sich, als eine doppelseitige Läsion derselben Kanäle. Die Stärke der Erscheinungen hängt auch von der Gattung des Tieres ab: die Störung ist stärker bei Tauben, aber konstanter bei Kaninchen.

Mit Flourens stimmten hinsichtlich seiner Taubenversuche überein: Czermak, Goltz, Bloch, Solucha und Cyon, Curschmann, Böttcher, Berthold, Breuer, Bornhardt, Anna Tomaszewicz, Spamer.

Czermak.

Die Stärke der Störung hängt auch von der Stelle der Läsion des Kanals ab. (Die Stellen sind nicht angeführt. Ref.)

Bloch.

Die Stärke der Störungen hängt nicht von derjenigen der Läsion, sondern vielmehr von der Läsionsstelle ab. Je näher der Kanal der Ampulle durchschnitten wird, desto stärker sind die abnormen Bewegungen. Aber dieses wird nach der Ansicht Blochs nicht durch die Reizung der Ampullarnerven, sondern durch eine Zerrnung des Acusticusstammes selbst bedingt.

Bornhardt.

Wenn man die häutigen Bogengänge so stark spannt, dafs aus denselben stellenweise sogar Stückchen ausgerissen werden, so wächst die Stärke der Kopfbewegungen derart, dafs auch der ganze Rumpf von denselben nachgezogen wird.

Anna Tomaszewicz.

Die Stärke der Erscheinungen ist nicht nur von der Art der Läsion der Kanäle abhängig, sondern auch von der Menge des Blutverlusts während der Operation. Eine unbedeutende Läsion der Kanäle mit einer starken Blutung ruft infolge der Zerstörung der zunächst liegenden Teile stürmische Bewegungen hervor.

IV.

Folgerung **Flourens'**.

Die Erscheinungen der Gleichgewichtsstörung sind um so stärker, je schneller die Bewegungen des Tieres sind (je nachdem es fliegt, geht oder läuft).**)

*) Das Zerquetschen und die Zerstörung ziehen eine ausgedehnte Störung in den Bewegungen und ein ungemein stark ausgeprägtes Kopfnicken nach sich; die Kräfte der Tiere werden dermafsen erschöpft, dafs dieselben nicht im stande sind, selbständig zu essen oder zu trinken, weshalb sie auch bald zu Grunde gehen.

**) Flourens. p. 448. „Le branlement était toujours plus vif au moment où il

Mit dieser Folgerung stimmen überein: Curschmann, Breuer, Bornhardt u. a.

Curschmann.

Bei unbedeutender Läsion (bei einseitiger Durchtrennung) erscheinen die charakteristischen Erscheinungen nur bei stark erregtem Zustande des Tieres.

Böttcher.

Bei Tauben treten die Bewegungsstörungen nur nach einigen Monaten während des Fluges oder Laufens hervor.

Bornhardt.

Stofsartige Kopfbewegungen werden vorzüglich dann bemerkt, wenn das Tier nicht im stande ist, seine Aufmerksamkeit auf die Bewegungen zu konzentrieren, wie beim Gehen, beim Einschlafen. *Das Tier bemüht sich mit allen Kräften, dem Hin- und Herneigen und den stofsartigen Bewegungen zu widerstehen.* Bald gibt es dem Kopf einen unbeweglichen Stützpunkt, bald hält es denselben mit möglichster Kraftaufwendung nach der entgegengesetzten Seite.

Reitbahnbewegungen kommen nur als Folgen starker stofsartiger Kopfbewegungen vor. *Die Coordination aller Kopfbewegungen wird* durch das Auftreten stofsartiger Neigungen *gestört.* Dies gilt *wie für die Bewegungen rein reflektorischen Charakters*, so auch für *Bewegungen*, wie sie durch *Vorstellungen*, z. B. durch diejenigen des Gesichts hervorgerufen werden.

V.

Folgerung **Flourens'**.

Je stärker die Reizung (der Druck, Stich u. a.) der Kanäle ist, um so energischer sind die Bewegungen der Augen (Nystagmus), welche bei Tauben schwächer zum Vorschein kommen als bei Kaninchen.

Bei einseitiger Läsion der Kanäle beobachtete Fl. keinen Nystagmus; nur bei doppelseitiger Verwundung. Bei den Kaninchen beobachtet man schon eine sehr starke Bewegung der Augen bei Läsion nur eines Kanals.

Diese Ansicht Flourens' wird von Bornhardt geteilt.

VI.

Folgerung **Bornhardts.**

„Die Richtung der Augenbewegung *fällt mit der Richtung der Kopfbewegung zusammen;* dabei dauert die Bewegung der Augen immer noch fort, sie wird sogar noch deutlicher, wenn man den Kopf an der weiteren Bewegung hindert, indem man ihn fixiert.“ Jedenfalls folgt der Kopf den Augenbewegungen.

---

commençait; puis il allait en se ralentissant, et finissait peu à peu par cesser tout à fait. Mais les choses ne se passaient ainsi qu'autant que l'animal restait en repos; quand il marchait, au contraire, le branlement était toujours d'autant plus vif que l'animal cherchait à marcher plus vite.“

Bornhardt (19/IV. 1878).

Bei Reizung des rechten horiz. Kanals bewegen sich die Augen von der Wunde ab, d. h. *von rechts nach links.*

Nach der Reizung des rechten front. Kanals sind keine Beobachtungen angestellt worden, weil dessen Läsion schwerlich ohne Verletzung des Gehirns geschehen kann.

VII.

Folgerung **Cyons** (1878).

„Die Reizung eines jeden Bogenganges ruft schwingende Bewegungen der Augenbulbi hervor, deren Richtung durch die Wahl des zu reizenden Kanals bestimmt wird."

Im Jahre 1876 erschien Cyons Schrift über das Verhältnis der Augenbewegungen zu der Durchtrennung der Bogengänge.[196]) In derselben wird behauptet, dafs bei der Reizung des horiz. Kanals die Pupille *nach hinten* und *unten* gerichtet ist, bei der Reizung des hinteren senkrechten Kanals (front.) soll sie *nach vorn* und *etwas nach oben*, und bei der Reizung des vorderen senkrechten (front.) *nach hinten und unten* gerichtet sein.

In der Schrift vom Jahre 1878: Bei der Reizung des horiz. Kanals ist die Pupille nach *vorn unten* gerichtet, bei der Reizung des hinteren senkrechten *nach hinten und oben* und bei der Reizung des vorderen senkrechten *nach hinten unten*. Diese Beschreibung bezieht sich auf den Augenbulbus der Seite des gereizten Kanals. Am Auge der anderen Seite hat der Nystagmus die entgegengesetzte Richtung, d. h. er ist bei Reizung des (vorderen?) senkrechten Kanals nach *hinten* und *oben* gerichtet, nach *vorn* und *unten* bei Reizung des hinteren senkrechten und *nach vorn* und *oben* bei Reizung des vorderen senkrechten Kanals. Die Reizung des Kanals ruft also immer eine Bewegung *beider* Augen hervor, doch ist dieselbe auf der einen Seite derjenigen der anderen Seite immer entgegengesetzt.

Die Pupille der Seite der Reizung ist verengt, während die Pupille der entgegengesetzten Seite (1876) stark erweitert ist.

Im Jahre 1878: „In vielen Fällen beobachtete man eine *Erweiterung beider Pupillen*; dieselbe ist jedoch *immer* auf der der operierten entgegengesetzten Seite stärker.

Anna Tomaszewicz folgt A. Böttcher.

An Tauben ist ein Nystagmus der Augen niemals beobachtet worden, nur bei Kaninchen. Dies bringt T. mit einer gleichzeitigen Reizung des Kleinhirns bei den Kaninchen infolge von Erschütterungen, Luftzutritt, Blutung, Bloslegung u. dergl. in Zusammenhang. Bei einigen Kaninchen beobachtete sie Nystagmus nur an dem Auge der operierten Seite mit einer unmittelbar folgenden „Verdrehung der Bulbi". Das Auge der operierten Seite sah nach unten, während das andere nach oben gerichtet war.

Ähnliche Erscheinungen rief Hitzig*) durch Reizung des Flocculus (Flocke) hervor. Nach der Meinung Ts. waren auch bei ihren Versuchen die Bewegungen der Augen durch eine Reizung des Kleinhirns bedingt.

---

[196]) Cyon. Le rapport entre le nerf acoustique et l'appareil moteur de l'oeil. Comptes rendus. 1876.

*) Hitzig. Weitere Untersuchungen zur Physiologie des Gehirns. Archiv von Reichert und du Bois. 1871.

Spamer.

Beobachtete bei Tauben nicht immer Nystagmus; in manchen Fällen war er scharf ausgedrückt, während er in anderen Fällen während des Galvanisierens vollständig fehlte. Bei der Durchschneidung der Bogengänge kam ein Augennystagmus niemals zum Vorschein. Man mufs annehmen, dafs derselbe durch Reizung nur einzelner Teile der Kanäle oder naheliegender Teile des Kleinhirns hervorgerufen wird. Am schärfsten trat er bei Blutung ohne Läsion der Kanäle hervor.

VIII.

Folgerung **Böttchers.**

Die Läsion des Kanales wird von einer Bewegungsstörung der oberen und unteren Extremitäten der operierten Seiten begleitet. Bei doppelseitiger Verletzung der Kanäle wird die Bewegungsstörung auf beiden Seiten beobachtet.

Diese Beobachtung ist zuerst von A. Böttcher angestellt und von ihm vor der Dorpater Naturforschergesellschaft (cf. Sitzungsbericht) d. 3/III. 1873 demonstriert worden.

Beobachtungen **Böttchers** vom 19. Juni 1874.*)

Nach der Läsion des Kanals ist ein momentanes Versagen, ein vorübergehendes Einknicken des Fufses zu bemerken. Während des Gehens ist eine Neigung des Rumpfes nach der operierten Seite zu sehen. Die Folge hiervon ist, dafs die Taube nach einigen Schritten einen Kreis beschreiben mufs. Nach Durchtrennung des horiz. Kanals knickt die Extremität dieser Seite nach innen ein; nach der Läsion der frontalen Kanäle erfolgt ein Ausweichen der Füfse nach vorn. Bei einseitigem Durchschneiden erfolgt ein Bestreben, nach rechts hinten oder nach links hinten zu fallen, ja nach der Seite des durchschnittenen Kanals; nach beiderseitiger Durchtrennung fällt das Tier nach hinten, sich hierbei auf den Schwanz stützend. Sobald sich der Fufs etwas stärker nach innen dreht, so dreht sich das Tier um ihn wie um eine Axe.

An den Flügeln sind die Bewegungsveränderungen schwerer wahrzunehmen. Der Flügelschlag ist unregelmäfsig und zeitweise unterbrochen. Das Thier beschreibt im Fliegen Kreise, weil der eine Flügel stärker schlägt als der andere.

Curschmann 17/I. 1874.**)

C. gelangt zu einem ähnlichen Schlusse wie Böttcher.

Die Läsion des Kanals wird von einer Coordinationsstörung der Muskelbewegung des Kopfes, der Füfse und der Flügel begleitet.

---

*) „Als ein ferneres Ergebnis meiner Untersuchungen darf ich die Thatsache hervorheben, dafs die Bewegungsstörung immer an den Extremitäten der Seite sich geltend macht, auf welcher die Durchschneidung des Bogenapparats vorgenommen wurde".

**) Curschmann. „Diese Erscheinungen gestörter Coordination der Muskelbewegungen äufsern sich am Kopfe, dem Rumpfe und den Extremitäten.

„Haltung und Beweglichkeit des Kopfes sind bei einseitiger Läsion eines Kanals in Ruhe wie bei Locomotionen des Tieres niemals verändert, während bei doppelseitigen Verletzungen stets ganz bestimmte Bewegungen und Drehungen des

Störungen in den Bewegungen des Kopfes werden nur nach beiderseitiger Durchtrennung beobachtet. Die Erscheinungen nach der Läsion aller drei Kanäle sind *ein und dieselben* (Einknicken, Unregelmäfsigkeit der Schritte, Ausgleiten u. s. w.).

Bei einseitigem Durchschneiden wird die Thätigkeit des Fufses auf der operierten Seite gestört. Die Störungen der Flügelthätigkeit drücken sich in der Unregelmäfsigkeit des Fluges aus. Die Unsicherheit, mit welcher die Füfse gesetzt werden, erinnert an den ataktischen Gang der Menschen.

Berthold 17/VI 1874.

Gelangte zu einem gleichen Schlufs.

Kopfes sich zeigen, welche wiederum je nachdem, man den horizontalen oder die vertikalen Kanäle lädierte, verschieden charakterisiert sind.

„Die Erscheinungen an den Beinen sind (natürlich gleichgradige Verletzungen vorausgesetzt) für alle drei Kanäle dieselben und äufsern sich in häufigem Ausrutschen, zu starken Flexionen oder Streckungen der Beine, fehlerhaftem Aufsetzen der Füfse, die bald zu viel vor- oder rückwärts gesetzt, zu stark abduziert oder adduziert werden, in fehlerhafter Haltung und Verwendung der Zehen u. s. w. War die Verletzung beiderseitig, so betrifft die Unsicherheit (Ataxie) auch beide Beine, während, wenn man nur auf einer Seite operierte, nur das dieser entsprechende Bein jene Störungen bietet.

„Die Flügel liegen gewöhnlich in normaler Weise dem Körper an. Die absolute Muskelkraft derselben ist nicht beeinträchtigt. Da aber die Fähigkeit ihrer geordneten Verwendung verloren (resp. vermindert) ist, *so können die schwer verletzten Tiere gar nicht fliegen, während die minder lädierten nur ungeschickt zu flattern vermögen.*

„*Die Erscheinungen am Rumpfe* macht man sich von einem allgemeinen Gesichtspunkte aus am klarsten, wenn man sich zwei unter rechtem Winkel gekreuzte Axen durch den Körper des Versuchstieres gelegt denkt, von denen die eine, die wir die „vertikale" nennen wollen, senkrecht zwischen der Insertion der beiden Flügel durch den Körper geht, die andere, „*quere Axe*" horizontal von einer Seite zur anderen durch die Insertion beider Flügel gelegt ist.

„*Nach doppelseitiger Läsion des horizontalen Kanals zeigen die Tiere durch partielle Beeinträchtigung der Coordination der Muskelbewegung eine Störung der Balance um die vertikale Axe.* Von diesem Gesichtspunkte aus ist insbesondere (auf Details kann ich hier nicht eingehen) das konstante und auffallende Phänomen des Reitbahnganges aufzufassen."

„*Für Verletzung der beiden vertikalen Kanäle sind die Folgeerscheinungen ganz gleich und können im allgemeinen auf Beeinträchtigung der Balance um die Queraxe bezogen werden.*

„Den Flourensschen Resultaten in Bezug auf die vertikalen Kanäle kann ich nicht zustimmen, sowie ich auch bezüglich des horizontalen Kanals seine Ansichten nicht teilen kann.

„*Bei einseitiger Läsion der Bogengänge,* eines oder beider vertikaler sowohl als des horizontalen, *äussern sich die Folgeerscheinungen konstant nach einer und zwar der Seite der Läsion hin.*

„*Bei gleichzeitiger Verletzung des horizontalen und eines vertikalen Kanals,* oder wenn sekundäre Veränderungen von dem verletzten Bogengange aus auf einen intakten fortschreiten (was aus anatomischen Gründen am canal. horizont. und canal. vertic. inferior sehr leicht passiert), treten Kombinationen der jedem Kanal einzeln zukommenden Folgeerscheinungen auf. Dasselbe gilt von gleichzeitiger Zerstörung aller drei Bogengänge."

Mit den oben angeführten Beobachtungen stimmen überein: Bornhardt (1875), Cyon (1878) und Spamer (1880).

Bornhardt.

Die Tauben können lange Zeit auf einem Beine stehen, und zwar auf der nicht lädirten Seite. Die andere Extremität hingegen ist nach der Operation geschwächt (Einknicken der Extremität beim Stehen und Gehen; die Parese ist aber gewöhnlich unbedeutend).

p. 137. *Die aufgehobene Extremität* wird in vielen Fällen *nicht gleich auf den Fufsboden gesetzt*, sondern, nachdem sie bis zu einem gewissen Grade gestreckt worden ist, krümmt sie sich wieder, daraufhin hebt sie sich und wird wieder etwas gerader gestreckt, sie hebt sich wieder etwas, um schliefslich, vollständig gerade sich streckend, auf den Fufsboden sich aufzusetzen.

p. 151. Diese Schwäche der Extremität war um so bedeutender, je stärker der häutige Kanal beim Durchschneiden gezerrt worden war. Die Schwäche der Extremität *hat nicht immer einen gleichen Charakter*, sondern hängt meistens mit der Richtung des durchschnittenen Kanals zusammen (demnach scheint Bornhardt nicht ganz mit der Folgerung Curschmanns einverstanden zu sein. Ref.). Bei der Durchtrennung des horiz. Kanals *knickt* die entsprechende Extremität *nach innen* zur Mittellinie ein; bei der Durchtrennung des hinteren, senkrechten Kanals *biegt sie sich* mehr *nach vorn*. (Wie die Lage beim Durchtrennen des sagitt. Kanals sich gestaltet, wird nicht gesagt. Ref.)

p. 152. Am Gange einer Taube, deren beide gleichnamigen Kanäle durchschnitten sind, wird folgende Eigentümlichkeit bemerkt: Nach der Durchtrennung beider *horizontalen* Kanäle schwankt sie *beim Gehen von einer Seite zur anderen*.

Nach der Durchtrennung beider *senkrechten* Kanäle geht sie, *indem sie sich duckt*.

Bei Kaninchen bemerkt man auch eine Schwäche einer *hinteren* oder beider *hinteren* Extremitäten, je nachdem der Kanal auf einer oder auf beiden Seiten durchschnitten ist. Bei Kaninchen drückt sich die Schwäche der Extremität dadurch aus, dafs letztere beim Gehen zurückbleibt und leicht nachgeschleift wird.

Cyon 1878.

Bestätigte die Beobachtungen Böttchers. Er ergänzt die Folgerung der genannten Autoren auf folgende Weise:

Nach einer zweiseitigen, aber nicht symmetrischen Durchtrennung der Kanäle knickt beim Gehen diejenige Seite ein, auf welcher die meisten Kanäle durchschnitten sind. Wenn jedoch auf beiden Seiten nicht alle Kanäle vollständig durchschnitten waren, so knickt nur diejenige Seite ein, auf welcher der senkrechte Kanal vollständig getroffen worden ist.

IX.

Folgerung **Bornhardts** und **Breuers**.

Die Reizung (Drücken, Heben) des häutigen Kanals einer Seite mit einer Nadelspitze oder mit einem Stückchen Papier *ohne Verletzung des Kanals* selbst ruft eine Bewegung des Kopfes (beim Kaninchen auch der Augen) in der Ebene des gereizten Kanals, und zwar *von der Wunde* ab hervor, d. h. nach der der operierten entgegengesetzten Seite.

Diese Regel gilt jedoch nur für den horizontalen und frontalen Kanal der Tauben und für den horizontalen Kanal der Kaninchen.

Zu dieser Schlufsfolgerung kamen Bornhardt (1875) und Breuer (1875) fast gleichzeitig.

Bornhardt.

Beim Stich in den linken horizontalen Kanal der Taube dreht sich der Kopf in der horizontalen Ebene *nach rechts*, und beim Stich in den linken, hinteren, senkrechten (frontalen) Kanal neigt er sich *nach unten und rechts*. Die Kopfbewegung entsteht durch Kontraktion der der gereizten Seite entgegengesetzten Muskeln (im ersten Falle durch die Kontraktion der Muskeln der rechten Halsseite und im zweiten Falle durch die Kontraktion der Muskeln des vorderen Halsteils). Wie oft auch der Stich wiederholt werden mag, ruft er immer ein und dieselbe Bewegung hervor. Beim Kaninchen bedingt das Schaben am horizontalen Kanal eine Bewegung des Kopfes sowie der Augen *von der Wunde* weg.

Breuer.

Beobachtete dasselbe, indem er einen Luftstrom senkrecht auf den Kanal richtete, oder wenn er denselben mit einem Stück Papier berührte. Hier hat man es mit einem positiven Druck zu thun. Wenn man die Perilymphe aufsaugt, so erhält man eine Bewegung *nach der Wunde hin*, d. h. nach der Seite der Reizung.

X.

Folgerung **Böttchers.**

Das Durchschneiden zweier Kanäle der einen Seite wird von schnell vorübergehenden Bewegungsstörungen begleitet.*)

Cyon (1878).

Bestätigte diese Beobachtung, indem er meinte, dafs das Durchschneiden von Kopfschwingungen im Moment der Durchschneidung begleitet wird. Das Durchschneiden dreier Kanäle einer Seite zieht Manègebewegungen nach der Seite der Läsion nach sich. Am folgenden Tage sind die Bewegungen wieder vollständig normal.

Spamer (1880) erklärt sich mit Boettcher einverstanden.

XI.

Folgerung **Böttchers.**

Das Durchschneiden zweier verschiedener (nicht symmetrischer) Kanäle auf beiden Seiten ruft keine Flourensschen Erscheinungen hervor.**)

---

*) p. 18. „Nach einseitiger Durchschneidung der beiden oberflächlichen Bogengänge entstanden Bewegungsstörungen, die verhältnismäfsig rasch an Intensität verloren.“

**) 1874 p. 47. „Ich habe nachgewiesen, dafs nach Durchschneidung des Bogenapparates auf beiden Seiten die anfangs auftretenden Bewegungsstörungen gänzlich schwinden können.“

Cyon (1878).

Bestätigt die Folgerung Boettchers. Wenn auf der einen Seite der horizontale und auf der anderen Seite der senkrechte Kanal durchschnitten wird, so kommen keine Bewegungsstörungen vor.

XII.

Folgerung **Bornhardts.**

Das Durchschneiden ruft im ersten Moment eine Kopfbewegung *von der Wunde ab* hervor (wie bei einer leichten Reizung); erst später treten beim Gehen Kopfbewegungen (bei Kaninchen auch Bewegungen der Augen) *nach der Wunde hin*, d. h. nach der Seite des lädierten Kanals auf.

Diese Folgerung Bornhardts bezieht sich nur auf den horizontalen und frontalen Kanal der Tauben und auf den horizontalen Kanal der Kaninchen.

Flourens.

Nach Durchtrennung des linken horizontalen Kanals führte das Kaninchen Manègebewegungen *nach links*, niemals aber nach rechts aus, und umgekehrt.

Solucha und Cyon.

Im Moment der Durchschneidung des horizontalen Kanals ist die erste Bewegung der Taube nach der von der Operation verschonten Seite.

Breuer.

Beobachtete manchmal beim Aufsaugen der Perilymphe eine Bewegung des Kopfes nach der Seite der Läsion hin. (Nur beim Frontalkanal.)

Bornhardt.

Während des Durchschneidens bewegt sich der Kopf *von der Wunde ab*. Beim Stich, z. B. in den *linken* horizontalen Kanal bewegt sich der Kopf *nach rechts*, und nach dem Durchschneiden macht er stofsartige Bewegungen in der Ebene des Kanals *nach links*, wobei der ganze Körper nach dieser Seite hin gezogen wird. Bei Reizung des linken frontalen Kanals biegt sich der Kopf *nach unten* und *rechts*, und nach dem Durchschneiden bewegt er sich *nach hinten* und *nach links*. Bei Kaninchen dreht sich der Kopf immer nach der Seite der Durchtrennung hin. Stiche in die Enden des durchschnittenen Kanals rufen mit der gewöhnlichen Kraft ausgeführte *Bewegungen von der Wunde ab* hervor. Es erfolgten demnach die durch mechanische Reizung des Bogenganges hervorgerufenen Kopfbewegungen und die nach der Durchtrennung desselben Kanales auftretenden Bewegungen in ein und derselben Ebene, aber in ganz entgegengesetzten Richtungen.

XIII.

Folgerung **Bornhardts.**

„Bei Tieren, welchen beide gleichnamige Kanäle durchschnitten sind, bemerkt man aufser den bekannten Flourensschen pendelartigen Bewegungen des Kopfes und der Augen auch noch uncoordinierte Bewegungen des Kopfes sowie des übrigen Körpers.“

XIV.

Folgerung **Bornhardts.**

Öftere Reizungen des häutigen Kanals, bis 5 oder 10 mal hintereinander, sowie Abkühlung der Bogengänge rufen den nach der Durchtrennung auftretenden ähnliche Erscheinungen hervor, aber in weit geringerem Grade.

XV.

Folgerung **Bornhardts.**

„Die durch mechanische Reizung der häutigen Kanäle hervorgerufenen Kopfbewegungen geschehen infolge starker *tetanischer* Muskelkontraktionen, indes Bewegungen nach Durchtrennung derselben Kanäle als Folgen der *Unthätigkeit* dieser Muskeln angesehen werden müssen. Mechanische Reizung der Enden des durchschnittenen Kanals ruft wieder eine Kontraktion derselben Muskeln hervor.“

XVI.

Folgerung **Bornhardts.**

Nach der Durchtrennung beider gleichnamiger Kanäle erhält man Erscheinungen, welche der vereinzelten Durchtrennung beider Kanäle entsprechen, wobei die nach dem Durchschneiden des *später* operierten Kanals erfolgenden Bewegungsstörungen vorherrschen.

(Waren die Kanäle an denselben Stellen durchschnitten? Ref.)

Bei allen Tauben ist die *Ungeschicklichkeit*, mit welcher die Kopfbewegungen beim *Federputzen mit dem Schnabel* gemacht werden, zu bemerken; oft trifft der Schnabel den Körper gar nicht. Diese Ungeschicklichkeit tritt bei den Tieren in stärkerem Mafse hervor, wenn beide Kanäle durchschnitten sind. Beim Aufpicken des Futters hindern die bekannten Kopfbewegungen das Tier, die auseinander liegenden Körner genau zu treffen. Bei Tauben, bei welchen beide horizontalen Kanäle durchschnitten sind, neigt sich der Kopf bei seiner Annährung an den Fufsboden bald auf die eine, bald auf die andere Seite. Bei Tauben, bei welchen die hinteren, senkrechten Kanäle durchschnitten sind, beschreibt der Kopf beim Annähern an den Fufsboden einen Bogen, dessen Radius unverhältnismäfsig klein ist, weshalb auch der Schnabel den Fufsboden nicht erreicht.

XVII.

Folgerung **Breuers** und **Bornhardts.**

Einige Zeit nach der Durchtrennung des Bogenganges ändert sich die Richtung der Kopfbewegung (für Tauben und Kaninchen).

Ob diese Beobachtung Bezug auf alle Kanäle hat, ist aus der Beschreibung **Breuers** schwer zu ersehen.

Zu dieser Folgerung kommen Breuer (1875) und Bornhardt (1875) augenscheinlich vollständig unabhängig von einander.

Bornhardt.

Wenn die häutigen Kanäle beim Durchschneiden nicht gezerrt worden sind, so kommen Manègebewegungen selten vor und dauern nicht lange; dabei ändert das Tier beim Beginn der Manègebewegungen *ihre Richtung* nach der entgegengesetzten Seite. So überwindet es z. B. nach der Durchtrennung des linken, horizontalen Kanals, wenn der Kopf des Tieres und mit ihm der Rumpf *nach links* gezogen wird, diese Bewegung und macht ein oder zwei Kreise *nach rechts*.

Manchmal beobachtet man, dafs das in Ruhe befindliche Tier (das Kaninchen sitzend, die Taube stehend) sich allmählich nach der den bei ihr vorherrschenden Manègebewegungen entgegengesetzten Seite neigt; gleich danach erfolgt eine starke, stofsartige Bewegung des Kopfes und des Rumpfes nach der Seite des durchschnittenen Kanals. Hiermit fangen auch die Manègebewegungen an; so sitzt z. B. ein Kaninchen, dem der linke horizontale Kanal durchschnitten ist, lange Zeit vollständig ruhig; aber zuletzt neigt es sich allmählich nach der Seite hin, welche derjenigen, nach welcher die Manègebewegungen gewöhnlich von ihm ausgeführt werden, entgegengesetzt ist, um dann plötzlich nach starken, stofsartigen Bewegungen des Kopfes *nach links* Manègebewegungen nach der linken Seite hin auszuführen.

XVIII.

Folgerung **Flourens'**.

Die Folgen der Durchtrennung hindern die Tiere nicht am Weiterleben; sie bewahren selbst bei stärkeren Läsionen ihre vollständigen intellektuellen Fähigkeiten während ihrer ganzen Lebensdauer (conservent tous leur sens et toute leur intelligence). Nach der Zerquetschung und auch der vollständigen Zerstörung der Kanäle gehen die Tiere gewöhnlich zu Grunde. Bei einseitiger Läsion ist die Rückkehr zu normaler Beweglichkeit noch möglich.

Mit dieser Folgerung sind einverstanden: Goltz, Bloch, Solucha, Cyon, Berthold, Breuer u. a.

Mit den jetzigen antiseptischen Methoden werden wohl ganz andere Ergebnisse erzielt werden. (Bemerkung des Verfassers.)

Curschmann.

Bei einfachem vorsichtigen Durchschneiden, wenn nicht etwa *sekundäre* Folgeerscheinungen auftreten, verschwinden alle Symptome am 4.—5. Tage fast vollständig und es tritt eine restitutio ad integrum ein. Nach dem Herausschneiden von Stückchen tritt eine bedeutende Besserung, und zwar öfter nach der Läsion des senkrechten als des horizontalen Kanals ein.

Boettcher.

Beobachtete oft, dafs nach einem vorsichtigen Durchschneiden alle Erscheinungen sehr unbestimmt auftraten und schnell verschwanden. Dies wollte er dadurch erklärt wissen, dafs dabei keine Läsion des Nerven stattfand. (Siehe weiter.)

Bornhardt.

Eine Taube mit einem einseitig durchtrennten horizontalen oder senk-

rechten Kanal behält die Fähigkeit zu fliegen; hierbei neigt sie sich bei Läsion des horizontalen Kanals während des Fluges manchmal nach der Seite der Läsion, seltener nach der entgegengesetzten Seite hin. Nach der Läsion des senkrechten Kanals hält sie die Längsaxe ihres Körpers in einer senkrechten Lage, während sie den Kopf nach unten neigt.

Spamer.

Kann die Beobachtungen Flourens, nicht teilen. Bei rein ausgeführten Operationen vergehen die Störungen sehr bald, bei leichten Läsionen in 5—10—15 Minuten, bei gröfseren nach einer Stunde.

XIX.

Folgerung **Flourens'**.

Bei Kaninchen beobachtet man im grofsen ganzen dieselben Erscheinungen wie bei den Tauben. Alle nicht normalen Bewegungen (pendelartige Schwingungen, Manègebewegungen, Drehungen, Überschlagen) entsprechen der Ebene des lädierten Kanals und sind bei Kaninchen schwächer ausgedrückt als bei den Tauben. Schwingende Bewegungen sind weniger hastig. Die Tiere drehen sich mit einer geringeren Geschwindigkeit; sie zeigen das Bestreben sich zu überschlagen, thun dies jedoch selten. Bei Kaninchen wie auch bei Tauben werden im Ruhezustande keine Bewegungen beobachtet. Auch die Bewegungen der Augen verschwinden, treten aber auf, sobald das Tier anfängt zu gehen; ihre Intensität wächst mit der Fortbewegung des Tieres.

Bornhardt.

Bei Kaninchen dauern die Bewegungen nach dem Durchtrennen der Kanäle mit Unterbrechungen viele Stunden hindurch, nach Durchschneidung des frontalen Kanals noch am folgenden Tage. Starke Bewegungen der Augen.

Cyon (1878).

Die Beschreibung der Erscheinungen nach der Durchschneidung der Bogengänge des Kaninchens von Flourens ist fast in jeder Hinsicht ungenau. Der Unterschied in den nach Durchtrennung der Kanäle der Tauben auftretenden Erscheinungen und denjenigen, welche nach Durchtrennung der Kanäle von Kaninchen beobachtet werden, besteht in folgendem:

1. Bei den Kaninchen sind die Bewegungsstörungen stark und dauern (in Übereinstimmung mit Bornhardt), selbst nach Durchschneidung nur eines Bogenganges, ziemlich lange.

2. Die Störungen betreffen besonders die Funktionen der Augenmuskeln (wie Flourens und Bornhardt), weniger diejenigen der Rumpfmuskulatur, und fast gar nicht diejenigen der Kopfmuskeln. Die Bewegungen des Rumpfes bestehen in Manègebewegungen, wenn der horizontale Kanal lädiert ist, und in Drehungen um die Längsaxe, wenn einer von den senkrechten Kanälen getroffen ist. Der Kopf ist etwas zur Seite geneigt und der hinteren Extremität genähert.

In den ersten Stunden nach der Läsion des Bogenganges ist das Kaninchen aufser stande, eine beliebige kompliziertere Bewegung auszuführen. Auf einer Stelle verbleibend, wird es ihm unmöglich, sich auf den Füfsen in normaler Stellung zu halten; es ist vielmehr gezwungen, auf dem Bauche zu liegen.

Das Gehen ist ganz unmöglich. Die Operationsmethode Cyons ist keineswegs genau. Über den Zustand der benachbarten Teile nach der Operation wird nichts mitgeteilt (Bemerk. d. Verf.).

XX.

Folgerung **Böttchers.**

Die Gleichgewichtsstörungen werden weder durch die Durchschneidung der membranösen Kanäle noch durch die hierdurch bedingte Reizung der Ampullarnerven, sondern vielmehr durch die Reizung der Centralelemente des Gehirns infolge Zerrung des Acusticus während der Operation, oder auch infolge des veränderten Blutdrucks im Gehirn bedingt. Bei vorsichtigem Durchschneiden bleiben die Störungen aus.

Diese Folgerung hält der Kritik gegenüber nicht Stand. Es genügt an die Reizungsversuche der häutigen Bogengänge mit Papier zu erinnern, bei welchen von einer Spannung des Acusticus keine Rede sein kann, um die Unhaltbarkeit der Boettcherschen Ansichten darzulegen. Die Erwägungen, auf Grund welcher A. Boettcher (1877) und Bloch zu dem genannten Schlufs gelangten, mögen hier angeführt sein.

J. Bloch 1878.

Bloch, der unter der Anleitung Boettchers arbeitete, bestätigt in seiner Dissertation die Ansichten des letzteren; dieselben sind weiter unten angegeben. (p. 31): „Wir sehen also: 1. dafs in einigen Fällen das vorsichtige Durchschneiden eines Kanals auf einer Seite bei Fröschen und Tauben keinerlei Folgen nach sich zieht; 2. dafs in Fällen, in denen die Erscheinungen sehr scharf hervortraten, im Kleinhirn bei der Sektion Erweichungsherde gefunden wurden; 3. dafs besagte Erscheinungen oft erst einige Tage nach der Operation auftauchten, und 4. dafs sie im Laufe der Zeit bald scharf, bald weniger scharf hervortraten. Alles dies beweist, dafs die nach Durchschneidung der Bogengänge auftretenden Bewegungen nicht im geringsten in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der eigentlichen Durchtrennung stehen, sondern dafs sie sich in vielen Fällen nur durch eine Affektion oder Verletzung der in der Nähe der Operation befindlichen Teile des Gehirns erklären lassen. Wenn die Erscheinungen sich sogleich nach der Operation zeigen, mufs man annehmen, dafs sie auf reflektorischem Wege durch die Reizung des Gehörnerven hervorgerufen werden. Wenn jedoch zwischen der Operation und dem Auftreten der Erscheinung eine mehr oder weniger lange Zeit verstrichen ist, im Laufe welcher die äufsere Wunde schon ausheilen konnte, so mufs man sie zu den Folgen einer Kleinhirnreizung, welche im gegebenen Falle durch eine hinzutretende Entzündung verstärkt wird, zählen. Wir haben somit keine Veranlassung, für den Gehörnerven irgend eine andere Funktion als diejenige der Übermittelung von Gehöreindrücken zu vindizieren. Die isolierte Durchtrennung des n. acusticus ruft nur Taubheit hervor; da aber das Durchschneiden des Nerven ohne Läsion der benachbarten Teile fast unmöglich ist, so drückt sich der Effekt der Operation in verschiedenen Störungen aus, welche entweder in einem unmittelbaren Zusammenhange mit einer Läsion des Kleinhirns stehen oder dadurch hervorgerufen werden, dafs sich in letzterem mit der Zeit verschiedene pathologische Prozesse entwickeln.

A. Boettcher (19. Juni 1874).

B. gelangt auf Grund seiner Versuche zu folgenden Schlüssen:

1. Nach vorsichtiger Durchtrennung der häutigen Bogengänge allein, ohne gleichzeitige Läsion der Nerven, bemerkt man kaum irgendwelche Störung. Wenn aber irgend eine Bewegungsanomalie auftritt, so ist sie wenig charakteristisch und vergeht bald. Es finden keine charakteristischen Bewegungen in den 3 Richtungen statt. Bewegungsstörungen erhält man nur bei grober Manipulation, wenn das Centrum des Gehörnerven verletzt ist. Niemals erschienen sie aber mit der Regelmäfsigkeit, wie sie Flourens beschreibt.

2. Bei scharf ausgeprägten Umdrehungen des Kopfes, Manègebewegungen (Kreis von etwa einem Fufs Durchmesser — mouvement de manège), radartigen (im kleinsten Kreise, um den Fufs wie um eine Axe — mouvement ou rotation en rayon de roue) und rotierenden Bewegungen fanden sich immer mehr oder weniger erhebliche Veränderungen im Gehirn.

3. Die unter 2 angedeuteten Erscheinungen treten entweder gleich nach einer grob ausgeführten Operation auf, oder nach Verlauf einiger Tage.

4. Mit Eintritt der Kopfverdrehungen verschwanden die pendelartigen Schwingungen stets.

5. Die Manègebewegungen geschehen immer *nach der Seite der Läsion* hin. Bei beiderseitiger Operation dreht sich das Tier bald rechts, bald links.

6. Die Durchtrennung der Bogengänge zieht immer *Bewegungsstörungen einer oder beider Extremitäten der operierten Seite* nach sich, aber nicht im gleichen Grade: in einigen Fällen sind die Störungen beim Gehen schärfer ausgedrückt, in anderen wieder beim Fluge.

7. Die Art der Erscheinungen und Bewegungsstörung hängt nicht nur vom lädierten Kanal, sondern auch von der Stelle der Läsion ein und desselben Kanals ab. Bei Läsion des horizontalen Kanals werden Manègebewegungen nach der Seite der Läsion beobachtet. Analoge Erscheinungen treten auch nach der Läsion der äufseren, senkrechten (Frontal-)Kanäle *über* der Kreuzung ein. In beiden Fällen leidet der Gang und der Flug. Wenn jedoch die erwähnten Kanäle *unter* der Kreuzung durchschnitten werden, so treten keine Manègebewegungen ein, sondern Überschwanken nach hinten bei intakter Flugfähigkeit.

Bloch, Tomaszewicz,*) Baginsky, Steiner stimmen mit Boettcher überein.

Anna Tomaszewicz.

Ihre Ansichten sind in allen Punkten denen Böttchers gleich, nur hinsichtlich der pendelartigen Schwingungen meint sie, dafs dieselben mit der Durchtrennung der Bogengänge, nach deren Heilung sie auch verschwinden, in Zusammenhang zu bringen wären.

---

*) T. beobachtete nach der Durchtrennung der Kanäle vollständig negative Erscheinungen. p. 13. „Die einseitige, ohne Blutung ausgeführte Sektion eines Bogenganges hatte in meinen Versuchen keine charakteristischen Folgen; auf Stiche in den Kanal sah ich keine Kopfbewegungen folgen; wurde eine solche Taube unmittelbar nach Durchtrennung eines Ganges freigelassen, so lief sie rasch in gerader Richtung vorwärts bis zu einer Wand, an welche sie sich mit der verletzten Seite lehnte, oder bis zu einem Winkel, um sich da zu verbergen. — Dieses Verhalten der Tiere hat nichts Auffallendes; das Andrücken an eine Wand mit der verletzten Seite hat nur den Anschein, als wollte das Tier die wunde Stelle gegen weitere Angriffe schützen.“

Als spätere Komplikationen der Versuche wären die hinzutretenden Hirn- und Meningenerkrankungen zu erwähnen: die Möglichkeiten hierfür sind zahlreich, sie können veranlafst werden:

1. Durch unmittelbare Fortpflanzung der Entzündung von der Wunde aus.
2. Durch Druck und Reiz eines während der Operation stattfindenden Blutergusses oder einer Nachblutung.
3. Durch entzündliche Gefäfsthrombose.
4. Durch das Abfliefsen der Cerebralflüssigkeit nach aufsen; infolge dessen vermehrte Reibung an der Schädelwand bei respiratorischen Bewegungen des Gehirns.
5. Durch eine Störung der Blutcirculation im Kleinhirn, entweder direkt wegen des Zusammenhanges der Blutbahnen oder möglicherweise auf reflektorischem Wege.
6. Durch eine schleichende Neuritis, welche längs der verletzten Fasern fortschreitend zum Kleinhirn gelangt etc.

Steiner 1888.

Folgt Böttchers Ansicht. Die Erscheinungen von Störungen bei Haifischen mufs man in Zusammenhang mit der mechanischen *Zerrung des Centralendes des Gehörnerven* bringen. Eine ähnliche Reizung des Gesichtsnerven hat ein Schliefsen der Augenlider*) zur Folge: „der Haifisch zwinkerte mit den Augen, wie *wenn ihm die Operation einen plötzlichen Schmerz* verursachte". (Der N. facialis ist nach Schwalbe ein gemischter Nerv.)

Cyons Einwand (1878) gegen Böttcher.

1. „Die Symptome einer Kleinhirnaffektion werden bei Tauben manchmal beobachtet und äufsern sich oft einige Tage nach der Operation, und dann auch nur, wenn die Operation ungenau ausgeführt worden war, während die von Flourens beschriebene Bewegungsstörung sich sogleich nach der Durchschneidung äufsert.

2. „Böttcher hat einen Umstand nicht beachtet, welcher alle seine Einwände über den Haufen wirft. Aus der Schilderung der nach einer Läsion der Bogengänge auftretenden Bewegungsstörungen ist leicht zu ersehen, dafs dieselben, je nach dem operierten Kanal, sehr verschieden sind. Die Vermutung liegt nahe, dafs, wenn die Bewegungsstörungen durch eine Affektion des Kleinhirns bedingt wären, sie unabhängig sein müfsten von der Wahl des operierten Kanals.

3. „Wenn, statt zwei symmetrische Kanäle zu durchtrennen, man auf der einen Seite den horiz. Kanal und auf der anderen den senkrechten durchschneidet, so beobachtet man *keinerlei Bewegungsstörungen*. Sekundäre Affectionen des Kleinhirns können somit von keinem Einflufs auf deren Auftreten sein. Ebenso fehlen die Flourensschen Erscheinungen, wenn man *zwei Kanäle auf derselben Seite* durchschneidet. (Bestätigung der Böttcherschen Beobachtung). In diesem Falle treten aufser einigen pendelnden Bewegungen des Kopfes gleich nach der Operation keine anderen ein."

---

*) „Nehmen wir alles zusammen, so folgt, dafs die halbzirkelförmigen Kanäle der Haifische so wenig, wie der N. acusticus zu den Bewegungen resp. deren Gleichgewicht in irgendwelcher unmittelbaren Beziehung stehen, und dafs die Störungen, welche man nach mechanischem Angriff auf den Vorhof thatsächlich beobachtet, Zwangsbewegungen sind, welche ihre Ursache in einer mittelbaren Läsion des Nackenmarkes an der centralen Ursprungsstelle des Hörnerven haben."

Breuers Einwand (1888) gegen **Böttcher** und **Anna Tomaszewicz.**

Versuche mit mechanischen, thermischen und chemischen Reizungen, bei welchen charakteristische Bewegungen ohne Eröffnung der Kanäle beobachtet werden, beweisen die ganze Unhaltbarkeit der Vorstellungen derjenigen Autoren, welche die Bewegungsstörungen in ursächlichen Zusammenhang mit dem Ausfliefsen von Peri- und Endolymphe bringen wollen. Schon 1875 wurde übrigens nachgewiesen, dafs das Ausfliefsen von Endolymphe aus dem eröffneten Aquaeductus vestibuli von keinen bestimmten und bemerkbaren Bewegungen begleitet wird. Bei den hier vorliegenden Experimenten konnte auch keine Rede von einer Zerrung der Kanäle sein, welche dem Gehörnerven mitgeteilt würde. Angesichts dieser Thatsachen bedarf es keiner weiteren Beweise dafür, dafs die FLOURENSschen Erscheinungen in der That durch eine Reizung der Bogengänge und nicht des Kleinhirns hervorgerufen werden. Die Annahme von TOMASZEWICZ, dafs die Kopfbewegungen durch das Bestreben des Tieres, sich der Schmerzempfindung zu entledigen, hervorgerufen werden, verliert ihre Bedeutung, wenn man bedenkt, dafs die Bewegungen in verschiedenen, den Bogengängen entsprechenden Ebenen und nach der Seite der Reizung hin geschehen.

J. Breuers (1890) Einwand gegen **Steiner.**

1. St. sagt, dafs die Haifische die Augenlider bei dem erwähnten Versuche schlossen. Haben Haifische aber überhaupt Augenlider? Auf WIEDERSHEIM (Anatomie p. 433) sich stützend, stellt B. die Existenz derselben bei Scyllien, welche nicht einmal eine Nickhaut besitzen sollen, in Frage. Demgemäfs ist anzunehmen, dafs St. die Bewegungen der Bulbi für eine Schliefsung der Augenlider angesehen hat.

2. Nehmen wir aber an, die Haifische hätten Augenlider. Weshalb denkt St., dafs die Lider aus Schmerz geschlossen wurden und nicht vielmehr, weil die in der Luft eintrocknende Hornhaut einer Befeuchtung durch Liderschlag bedurfte? Man darf auf Fische infolge analoger Erscheinungen, welche an anderen Tieren nach der Läsion ihrer Kanäle beobachtet werden, vorliegendes Symptom nicht als Äufserungen von Schmerz übertragen. Die Vermutung liegt nahe, dafs bei Reizung des Vorhofs starke Schallempfindungen entstehen, welche bei Haifischen, wie dies auch bei Lufttieren der Fall, unwillkürliche Liderbewegungen nach sich ziehen. Man sieht also, dafs es keinen Grund gibt, die Liderbewegung als eine durch Zerrung des N. facialis hervorgerufene Schmerzempfindung anzusehen. (Vergl. S. 207.)

3. St. schreibt SEWALL grundlos Thatsachen zu, an die letzterer nicht im Entferntesten dachte, so hatte SEWALL auch nicht behauptet, dafs Reizungen des Vorhofs von Haifischen Liderbewegungen verursachten; das Wort Augenlid käme überhaupt in der SEWALLschen Schrift nicht vor. (Siehe S. 206.)

4. Die Annahme, als ob die Störungen durch Zerrung des Acusticusursprungs bedingt würden, kann man noch lange nicht als bewiesen annehmen. St. hat keinen Kontrollversuch mit Läsion des Vorhofs ohne gleichzeitige Zerrung des n. acusticus ausgeführt. Ähnliche Experimente sind aber von SEWALL vorgenommen worden und gestatten, den STEINERschen Folgerungen entgegengesetzte Schlüsse zu ziehen. Durch die Versuche STEINERS und SEWALLS ist das Eine erwiesen, dafs Läsionen und Reizungen der Vorhofsbildungen schwere Bewegungsstörungen erzeugen.

XXI.

Folgerungen **Spamers.**

1. Die Bewegungsstörungen sind nach mechanischen, thermischen, chemischen und elektrischen Reizungen viel stärker, als nach dem einfachen Herausschneiden von Stücken aus den Kanälen. Die Entfernung der Kanäle ohne jede Reizung läfst sich nicht durchführen.

2. Beim Galvanisieren zweier äufserer Kanäle wird Niederfallen und Drehen beobachtet, dessen Richtung durch diejenige des Stromes bedingt wird. (Siehe p. 269.) Durch Stromunterbrechung wird immer eine Bewegung nach derselben Seite hin ausgelöst.

3. Nach Einwirkung des galvanischen Stromes quer durch den Nacken sind die Bewegungen nach der Stromunterbrechung den nach Schlufs des Stromes auftretenden entgegengesetzt. Letzteres weist auf den Unterschied zwischen den Zwangsbewegungen, wie sie nach der Reizung der Kanäle und denjenigen, welche nach Reizung des Kleinhirns auftreten, hin.

XXII.

Folgerungen **J. Breuers** (1888).

1. Mechanische, thermische und elektrische Reizungen jeder Ampulle, resp. eines jeden Bogenganges werden von Kopfbewegungen in der Ebene des gereizten Kanals begleitet. Dabei wird das Kleinhirn keiner unmittelbaren Reizung unterworfen. Letzteres kann als Reflexcentrum angenommen werden, dessen peripheres Organ im Vorhof angelegt ist.

2. An jeder Ampulle mufs man zwei Teile unterscheiden, von denen der eine am Kanal, der andere am utriculus liegt. (Auf Grund von Beobachtungen über Augenbewegungen vermutete schon Högyes (1881), dafs in den cristae acusticae funktionell verschiedene Stellen vorhanden wären.) Die Reizung jedes dieser Teile ruft eine spezifische Reaktion in Gestalt von einander entgegengesetzten Bewegungen hervor, so zwar, dafs bei der Reizung des utriculären Teils die Bewegungen nach der operierten Seite hin, nach der Reizung des am Kanal liegenden Teils aber nach der Seite des gesunden Ohrs hin geschehen.

Auf Grund von elektrischen Reizungen der Bogengänge gelangt Matte*) zum folgenden Schlusse:

S. 34. „Auffallend bleibt bei den bisherigen Versuchen, dafs das vielgenannte Pendeln in der Ebene des verletzten Bogenganges bisher nie recht zum Ausdruck gekommen ist.“

---

*) Matte, Friedr. Ein Beitrag zur Funktion der Bogengänge des Labyrinths. Inaugural-Dissertation. Halle a. S. 1892.

XXIII.

Folgerungen **Flourens'** (1828) und **Ewalds** (1887).

Bei den Vögeln, welche häufiger fliegen als gehen, treten die Bewegungsstörungen nach der Durchtrennung der Kanäle viel schärfer beim Fliegen hervor.*) Dies wurde später von Ewald (1887) bestätigt, welcher hierherbezügliche neue Beobachtungen anstellte.

Auf Grund der auf Seite 233 geschilderten Versuche über die horizontalen Kanäle (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden) ist E. der Ansicht, dafs die Bewegungsstörungen, welche nach Durchschneidung des horizontalen Kanals auftreten, sich dann am stärksten äufsern, wenn das Tier Bewegungen macht, zu deren Ausführung es einer ganz bestimmten Anstrengung von seiten der Muskeln bedarf.

Dies wird begreiflich, wenn man bedenkt, dafs die labile Gleichgewichtslage, in welcher der Körper verschiedener Vögel sowie anderer Tiere sich befindet, eine viel gröfsere Arbeitsleistung der einen Muskelgruppe vor den andern erheischt. Die Stärke der Bewegungsstörungen wird ferner in engem Zusammenhang mit der Art, wie sich das Tier zu bewegen gewohnt ist, stehen. Wenn wir die an verschiedenen Vögeln beobachteten Bewegungsstörungen mit einander vergleichen, so werden wir sehen, dafs dieselben (siehe die Tabelle) um so stärker ausgeprägt sind, je gröfsere Gewandtheit ihre Ausführung erfordert. Hiernach sind die Bewegungsstörungen bei Schwalben, welche im schnellen Fluge nach Insekten greifen, bei dieser Bewegung viel stärker ausgeprägt als bei Tauben; bei Hühnern und Gänsen ist der Flug noch weniger gestört als bei Tauben. Man darf annehmen, dafs die Ausdehnung der Bewegungsstörungen bei den übrigen Tieren ebenfalls gemäfs dieser auf Beobachtung beruhenden Schlufsfolgerung bedingt ist.

Störung	Fliegen	Springen**)	Hüpfen	Gehen	Schwimmen	Stehen
Sehr stark	Schwalbe					
Stark	Sperling	Rabe				
Mittel	Taube Rabe	Sperling	Rabe Sperling			
Schwach	Huhn			Rabe Taube Huhn		
Verschwindend	Gans			Gans	Gans	Rabe Huhn Sperling Taube Gans

*) Flourens: „mais chez les petits oiseaux (mésanges, moineaux, verdiers, etc.) qui volent beaucoup plus qu'ils ne marchent, c'est presque toujours dans le vol qu'ils ont lieu, ce qui ajoute un nouveau degré de rapidité, et, par là même, de singularité aux phénomènes.

**) Unter dem Worte „Springen" versteht Ewald das Hinüberspringen von

XXIV.

Folgerung **Breuers** (1889).

Der galvanische Schwindel wird zum gröfsten Teil durch Reizung des Vestibularapparats, ungefähr so wie die Phosphene durch Reizung der Retina, ohne Mitbeteiligung des Gehirns hervorgerufen.

Dies wurde durch die 1890 von EWALD angestellten Versuche bestätigt:

1. Der durch Galvanisation des Kopfes hervorgerufene Schwindel hat seine Ursache in der Reizung des inneren Ohres.

2. Der Reizung (im engeren Sinne des Wortes) unterliegt dasjenige Ohr, auf welchem die Kathode angebracht ist.

(Neigung des Kopfes und Abwendung des Schnabels von der Kathode weg.)

XXV.

Folgerung **Richard Ewalds** (1892).

1. Tauben ohne Labyrinth können nicht mehr fliegen (l. c. p. 16).
2. Tauben mit nur einem Labyrinth können noch fliegen (l. c. p. 27).
3. Labyrinthlose Tauben reagieren auf Schall.

Aufzählung derjenigen Teile des Organismus, deren Funktionsunterbrechung Bewegungsstörungen nach sich zieht.

Da bei Läsionen einiger in der Nähe des Labyrinths befindlichen Organe Gleichgewichtsstörungen ebenfalls beobachtet wurden, suchten einige Autoren jede Beteiligung der Bogengänge bei der Entstehung der vorhin beschriebenen Störungen in Abrede zu stellen. Mit der Vervollkommnung der experimentellen Methoden überzeugte man sich jedoch, wie wir gesehen haben, dafs isolierte Reizung der Bogengänge nachweisbar ohne irgend eine Läsion der benachbarten Organe Gleichgewichtsstörungen nach sich zieht.

Früher, als man noch nicht antiseptisch operierte, traten häufig

---

einem Zweig auf den andern, und unter „Hüpfen“ versteht er die Art, sich in Sprüngen auf dem Boden fortzubewegen.

komplikatorische Symptome infolge Fortpflanzung der Entzündung auf die Meningen oder das Gehirn oder infolge von Metastasen ein, welche die Flourensschen Erscheinungen verschleierten. Ein letaler Ausgang gehörte auch nicht zu den Seltenheiten. Wir arbeiten unter viel günstigeren Verhältnissen. Da aber heutzutage Komplikationen bei oder nach Experimenten am Labyrinth auch nicht ausgeschlossen sind, so möge an dieser Stelle auf diejenigen Organe und Teile hingewiesen werden, deren Funktionsstörungen oder Funktionsausfall die Reinheit der Experimente benachteiligen.

A.

Zwangsbewegungen und Zwangslagen werden nach dem Durchschneiden oder nach Erkrankung folgender Teile des centralen Nervensystems hervorgerufen: der Fühlsphäre der Gehirnrinde (Munk), der pedunculi cerebri, des corpus striatum, des thalamus opticus, der medulla oblongata (an verschiedenen Stellen), des cerebellum und der Trichterregion des III. Ventrikels.*)

Bei Fischen und Fröschen wird die vollständige Entfernung des Kleinhirns von Bewegungsstörungen nicht begleitet (Steiner), während bei den Vögeln und Säugetieren dieselben aufserordentlich ausgeprägt sind. Bei letzteren wächst die Stärke der Erscheinungen mit der Gröfse der Läsion des Kleinhirns. Beim Menschen ist beobachtet worden, dafs die Erkrankung des Wurmes zur Cerebralataxie führt, welche die unteren Extremitäten und den Rumpf ergreift, und die oberen Extremitäten unberührt läfst. Dabei leiden die Kranken an der Empfindung, als ob sie in einer Grube versänken, oder als ob sie den Boden unter den Füfsen verlören. Es wird behauptet, dafs die nach Gehirnläsion auftretenden Kreis- und Manègebewegungen nach der entgegengesetzten Seite, d. h. von der Läsionsstelle weg ihre Richtung nehmen, während die rotierenden Bewegungen nach der Seite der Läsion, und die Zeigerdrehungen, je nach der Stelle der Läsion, bald nach der einen bald nach der andern Seite hin geschehen. Menschen, die an Zwangsbewegungen leiden, behaupten eine falsche Vorstellung ihrer Körperlage zu den sie umgebenden Umständen zu haben und erklären, dafs sie Bewegungen in der Voraussetzung machten, durch dieselben die richtigen Verhältnisse herstellen zu können.

Eine einseitige Läsion des Kleinhirns von der Spitze des thalamus nach oben bis zum tuberculum acusticum zieht eine Veränderung in der Augen-

---

*) Die Werke, welche zu dieser Frage Beziehung haben, werden hier nicht in ihrer Gesamtheit aufgezählt, da dieses den Rahmen vorliegender Arbeit überschreiten würde.

Hierher bezüglich sind die Arbeiten folgender Autoren: Rolando, Flourens (1825, 1842), Magendie (1838, 1841), Lafargue (1838), Longet (1847), Philipeaux et Vulpian (1853), Cl. Bernard (1858), Schiff (1859), Brown-Séquard (1860), Czermak (1866), Goltz (1869 u. f.), Curschmann (1868), Haidar, Renzi (1864), Schwan, Nothnagel (1873), Carville und Duret, Eckhard (1879), Ferrier, Munk, Bechterew, Minow (1882), Schrader, Steiner u. a.

Siehe Eckhard, Physiologie des Rückenmarks und Gehirns. Hermanns Handbuch der Physiologie.

stellung nach sich: das Auge der lädierten Seite ist nach unten und vorn gerichtet und das der nicht verletzten Seite nach hinten und oben. Die Läsion des symmetrischen Teils der andern Seite hebt diese obere Augenstellung wieder auf. Leichte einseitige, oberflächliche Läsionen des corpus rectiforme und des Bodens der vierten Kammer rufen Nystagmus, Läsionen des Kleinhirns, je nachdem, bald Nystagmus, bald Strabimus hervor.*)

Beobachtungen von **Bechterew** (1890).**)

Die neuesten Beobachtungen haben noch einige Stellen ergeben, deren Verletzung mit einer Gleichgewichtsstörung verbunden ist.

Bechterew durchschnitt an Tauben, Kaninchen und Hunden im obersten Haltsteil des Rückenmarks die Hinterstränge oder reizte sie auch nur und erhielt so stets ununterbrochen andauernde Gleichgewichtsstörungen ohne jede Beeinträchtigung der Sensibilität. (Die Hyperästhesie in einigen Fällen hatte in den in der grauen Substanz vor sich gehenden Entzündungsprozessen ihren Grund.) Bechterew ist der Ansicht, dafs die Hinterstränge Impulse von der Peripherie zum Kleinhirn behufs Regulierung des Gleichgewichts leiten. Aufserdem nimmt er nach Analogie der Tast- und Temperaturnerven an, dafs in der Haut Endigungen *spezifischer*, das Gleichgewicht regulierender Nerven vorhanden sind. Die Kleinhirn-Seitenstrangbahnen leiten offenbar analoge Impulse von der Muskulatur zum Gehirn.

Beobachtungen von **Gallerani** und **Lusana.*****)

Gallerani und Lusana stellten (1890) an den Sehhügeln eine Reihe von Versuchen an und kamen zu der Folgerung, dafs bei den Säugetieren in diesen Teilen das Centrum für die seitlichen Bewegungen der *vorderen Extremitäten* und dabei für die Adduktion der Extremität der entsprechenden Seite und für die Abduktion der Extremität und der Zehen der entgegengesetzten Seite liegt. Die Entfernung *eines* thalamus opticus zieht Manègebewegungen nach der entgegengesetzten Seite nach sich, die Reizung *eines* thalamus ruft Adduktion der entsprechenden und Abduktion der entgegengesetzten Seite hervor. Beim Menschen erstreckt sich der Reiz stets auch auf die Hand der entgegengesetzten Seite, da bei ihm eine vollständige Durchkreuzung der Fasern im pons stattfindet, während sie bei den vierbeinigen Säugetieren nur partiell ist.

Die Kontraktion der Muskulatur der Wirbelsäule und die damit verbundene Krümmung der Wirbelsäule hat nach Lusana nicht in der Verletzung der thalami optici, sondern in dem Übergreifen des Reizes auf das

---

*) Genauere Angaben über das Auftreten und Verschwinden des Augennystagmus befinden sich weiter unten im Referat der Hogyesschen Schrift.

**) W. Bechterew. Über die Erscheinungen, welche die Durchschneidung der Hinterstränge des Rückenmarks bei Tieren herbeiführt, und die Beziehung dieser Stränge zur Gleichgewichtsfunktion. Archiv für Anatomie und Physiolgie. Abteilung für Physiologie. 1890. p. 489—504.

***) Gallerani e F. Lusana. Sulle funzioni dei centri nervosi mesencefalici. Rivista di Freniatria. Bd. XVI. Heft 4. p. 479—484. Ref. Zeitschr. für Psychologie und Physiol. der Sinnesorg. Bd. II. p. 387.

Kleinhirn ihre Ursache. Bei den Vögeln ist eine Verletzung der Oberfläche des thalamus mit Blindheit der gegenüberliegenden Seite ohne alle Zwangsbewegungen verknüpft, die nur bei Verletzung seines inneren Kerns auftreten. Die Reizung des oberen pedunculus cerebelli ist (Lemoigne und Lusana 1870) von einer Krümmung der Wirbelsäule begleitet, wobei die Konkavität der entgegengesetzten Seite zugewandt ist; die Durchschneidung zieht infolge Paralyse der Muskeln Krümmung nach der Seite der Wunde nach sich.

B.

Verletzung des cavum mesooticum Schklarewsky.

In dieser Höhle hat Schklarewsky bei Vögeln irrtümlicherweise einen besonderen Kleinhirnfortsatz beschrieben, durch dessen Läsion eine Störung des Gleichgewichts hervorgerufen werde. Als aber Hasse und nach ihm Boettcher (siehe den Abschn. über die Experimentalmethoden) bewiesen hatten, dafs hier keine Nervenelemente, sondern nur Gefäfse der dura mater und der ductus endolymphaticus enthalten sind, suchten manche Autoren alle infolge von Eingriffen an den Bogengängen hervorgerufenen anormalen Bewegungen durch Blutung mit nachfolgendem Druck auf die Gehirncentren zu erklären, andere wiederum meinten, dafs das Gehirn infolge des Ausfliefsens der cerebrospinalen Flüssigkeit durch die im cavum mesooticum bei der Operation gemachte Öffnung während der Respiration an den Schädelwänden gerieben werde. Genauere Versuche haben indessen das Irrtümliche dieser Annahmen erwiesen.

Beobachtung E. Bertholds (1874).

B. wollte sich von der Richtigkeit der Beobachtungen Schklarewskys hinsichtlich der Läsion des processus cerebelli mesootici Schkl. überzeugen. Hierzu wurden anfangs die Bogengänge, vorzugsweise der horizontale, zu welchem das Ende der Höhle reicht, freigelegt. Darauf durchbrach B. die dünne obere Wand des cavum Schkl. und zerstörte den hier vorhandenen Fortsatz mit einer Nadel. *Sehr bedeutende* Blutungen. (Kein reiner Versuch.) Bei tieferem Eindringen der Nadel in die Höhle zuckte das Tier krampfhaft mit dem Kopfe. Die Folgeerscheinungen und deren Stärke sind sehr verschieden. Als erstes Symptom nach der Läsion ist das plötzlich auftretende Neigen des Kopfes nach der Seite des *nicht operierten Ohrs* zu betrachten. Oft wird der Kopf *nach hinten* gedreht und *nach unten* gesenkt bis zur Berührung des Scheitels mit dem Fufsboden und des Schnabels mit der Brust. Beim Gehen straucheln die Tauben mit dem Fufse der operierten Seite. Bei stärkeren Verletzungen spreizen sie die Füfse, stützen sich auf den Schwanz, schlagen mit den Flügeln, überschlagen sich und drehen sich um ihre Längsaxe. Diese Bewegungen dauern so lange, bis das erschöpfte und kraftlos gewordene Tier auf den Boden niederfällt. Es liegt dann regungslos auf der operierten Seite. Einmal aus dieser Lage gebracht, beginnt es mit den normalen Bewegungen wieder von neuem. Allmählich werden die Ruhepausen immer länger. In den ersten Tagen müssen die Tiere gefüttert werden. Entweder gehen sie zu Grunde, oder sie erholen

sich. In letzterem Falle ist der Rumpf schräg nach der Seite der Läsion gerichtet, und der Fufs ist auf der lädierten Seite weniger stark ausgestreckt als auf der gesunden. In der Folge treten Manègebewegungen nach der Seite der Läsion auf: in solchen Fällen suchen die Tauben sich mit ihrem Rumpf an irgend einen Gegenstand anzulehnen. Im Laufe der Zeit wird der Durchmesser des Kreises, den sie während des Manègeganges beschreiben, immer gröfser. Nach einigen Wochen können die Tauben frei umherfliegen, aber sie führen während des Fluges schwankende Bewegungen um die Längsaxe ihres Körpers aus, gleichsam an ein schwankendes Schiff erinnernd. Bei anderen Tauben ist die Kopfverdrehung und der schwankende Gang das auffallendste Symptom. Letzteres wird auch dann beobachtet, wenn man den Tauben Stücke aus den Kanälen weggeschnitten hat. In allen diesen Fällen sind bei der Sektion Entzündungen, eitrige Infiltrationen und Erweichungsherde im Kleinhirn festgestellt worden.

Bei reiner Läsion der Kanäle werden nur pendelartige Schwingungen und Drehungen beobachtet. Alle übrigen Erscheinungen mit stärkeren Bewegungsstörungen mufs man auf eine Läsion des Kleinhirnfortsatzes Schk. zurückführen.

A. Tomaszewicz (1877) gelangte zu denselben Resultaten.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Das cavum mesooticum kann ohne jede Blutung lädiert werden. Bei einigen Tauben ist die Wand an der Spitze des Cavum, sowie vorn unten durchsichtig. An diesen Stellen konnte Breuer sehen, dafs die Höhle mit einer farblosen Lymphe angefüllt ist. Stach man nun in die Höhle mit einer Nadel hinein, so flofs die Lymphe ab, ohne dafs irgend welche Bewegungsstörungen hierbei bemerkbar gewesen wären. Selbst als die Nadel weit in die Höhle hinein in der Richtung zum Gehirn eingeführt wurde, gelangte man zu keinem Resultat. Einmal gelang es, nach der Öffnung der vorderen Wand der Höhle, den Inhalt derselben zur Seite zu schieben und die hintere Wand zu durchbrechen, so dafs das Instrument sich im hinteren unteren Quadranten des Kreuzes befand. Kopfverdrehungen traten nur dann ein, als der canalis communis über dem utriculus durchschnitten wurde. Die Verletzung der Höhle mit einem Messer wird immer von Blutung und einer Wendung des Kopfes nach der Seite der Läsion begleitet. Breuer gelangte somit zu einem dem Schklarewskyschen und Bertholdschen direkt entgegengesetzten Resultate. Er stimmt mit Boettcher darin überein, dafs durch eine Zerrung des Aquäducts das Kleinhirn verletzt werden kann, wiewohl man im vorliegenden Fall eher an eine Läsion des utriculus denken könnte.

C.

Versuche über den Stamm des Gehörnerven.

Schon Flourens setzte voraus, dafs der Stamm des Gehörnerven aus zwei in funktioneller Beziehung verschiedenen Teilen besteht, von welchen der eine, motorischer Natur, in den Bogengängen, während der andere, ein sensibler Ast, welcher ausschliefslich zur Gehörfunktion diene, in der Schnecke sich ausbreitet. Wenngleich viele Forscher diese Annahme nicht teilen, mufs man doch auf Grund der neuesten anatomischen

Untersuchungen und der auf dem Wege des Experimentes gewonnenen Thatsachen der Ansicht FLOURENS' eine gewisse Anerkennung zollen.

Beobachtung **Magendies.**[197])

M. bewies zuerst, dafs man den Gehörnerven wie jeden andern Sinnesnerven zerren, brennen und zerstören kann, ohne dem Tiere den geringsten Schmerz zu verursachen. Von der Schmerzlosigkeit des n. acusticus überzeugte sich M., indem er Seitenteile der Gehirnbasis entfernte. Er konnte dann auf bequeme Weise den Acusticus und den nebenanliegenden Trigeminus reizen.

Beobachtungen **Brown-Séquards.**[198])

B.-S. beobachtete stets, wenn er in den Gehörnerven stach oder wenn er ihn bei Fröschen oder Säugetieren (Kaninchen, Meerschweinchen) durchschnitt, Manègebewegungen in einem sich progressiv verjüngenden Kreise. Das Durchschneiden des facialis dicht am foramen stylo-mastoideum rief Manègebewegungen in einem allmählich gröfser werdenden Kreise in entgegengesetzter Richtung hervor; nach 30 Minuten war das Tier wieder imstande, in gerader Richtung zu laufen. Das Ausreifsen des facialis zog Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite nach sich. Als Ursache dieser Erscheinungen sieht B.-S. eine *starke Reizung* des Acusticus, welche durch dessen Durchschneidung hervorgerufen war, an.

Einwand **Schiffs.***)

Durchschneidung des Acusticus mit dem Facialis ruft, wenn nicht etwa der Trigeminus hierbei berührt wird, niemals Schmerzen hervor (MAGENDIE) und wird, wenn die Brücke nicht lädiert ist, niemals von Bewegungsstörungen begleitet.

Bei Fröschen wurden nach dem Durchschneiden des Gehörnerven ohne Zerrung ebenfalls keine anormale Bewegungen bemerkt.

Angesichts der angeführten Versuche mufs die Folgerung M. MAGRONS (1853)**) sonderbar erscheinen, welcher behauptet, dafs der n. acusticus einen wesentlichen Teil der Nervencentren darstelle (dieser Nerv ist folglich kein peripherer!? SCHIFF), durch dessen Läsion bei Fröschen ein ungewöhnlicher Schmerz, allgemeine Hyperästhesie (auch bei Säugetieren), Drehungen

---

[197]) MAGENDIE. Journal de physiol. expérim. T. IV. p. 170. T. V. p. 38. VALENTIN führte denselben Versuch an Meerschweinchen aus.

[198]) BROWN-SEQUARD. Gazette méd. 1849. Siehe FRORIEPs Notizen 11. 258; siehe CANSTATTs Jahresb. 1853, 1. 220. l. c. 1860. p. 194. l. c. „I have ascertained that the phenomena observed in these experiments do not depend on the section of these canals, as this operation may not cause these phenomena, but that they are the results of an irritation of the auditory nerv, from the drawing upon it by the membranous semicircular canals at the time we divide them."

*) SCHIFF. Lehrbuch der Physiologie. 1858. p. 399. SCHIFF, Arch. d. sciences phys. et natur. XXV 1891. Nach Durchschneidung des r. n. acusticus b. Frosch, bemerkt Sch. leichtes Nachschleppen der linken Extremitäten und Haltung des Kopfes nach rechts.

**) M. MAGRON. Experimental researches. New-York. p. 99. 1853.

und krampfhafte Bewegungen erzeugt werden, welche während des ganzen Lebens des Tieres anhalten.

Beobachtungen von **Goltz** (1870).

G. (l. c. p. 173) bestätigte die Beobachtungen BROWN-SÉQUARDs hinsichtlich der Bewegungsstörungen nach der Durchschneidung des Acusticusstammes. Nach doppelseitiger Durchschneidung kann der Frosch sich nicht mehr im Gleichgewicht halten. Ein auf ein schiefes Brett gesetzter Frosch bemüht sich durch ungeschickte und zwecklose Bewegungen, die ihn vor dem Fallen nicht schützen, im Gleichgewicht zu bleiben. Auf den Boden gesetzt und hierzu angetrieben, macht er einen Sprung, indem er sich hierbei auf den Rücken (statt auf den Bauch) überschlägt; indem er die normale Lage einzunehmen sucht, dreht er sich einige Male um seine Längsaxe herum. Oft beobachtet man Manègebewegungen.

Da das isolierte Durchschneiden des Gehörnerven ohne gleichzeitige Verletzung des Gehirns in der Schädelhöhle sehr schwer gelingt, ein Umstand, welcher die beobachteten Erscheinungen als Folgen der Gehirnverletzungen aufzufassen Veranlassung geben kann, sah GOLTZ sich genötigt. die Richtigkeit seiner Beobachtungen durch eine besondere Operationsmethode, welche in dem Abschnitt über die Experimentalmethoden (siehe da) beschrieben ist, nachzuweisen.

Beobachtungen **Cyons** (1878).

Erscheinungen nach der Durchschneidung des Acusticus bei Kaninchen:

Bei Kaninchen ruft die Reizung des Gehörnerven rotierende Bewegungen *um die Längsaxe* des Körpers in der Richtung nach der operierten Seite hin hervor. Eine Reizung beider Gehörnerven durch Zerquetschen bedingt mannigfaltige krampfhafte Bewegungen; das Tier zeigt das Bestreben, sich bald nach dieser, bald nach jener Seite zu drehen, es ist vollständig aufser stande zu stehen oder irgendwelche zweckmäfsige Bewegungen auszuführen. Am meisten erinnert dieser Zustand des Kaninchens an denjenigen einer Taube, der alle Bogengänge mit den Ampullen herausgerissen sind.

Wenn die Läsion des Gehörnerven gut gelungen ist, ohne Blutung und ohne Verletzung der benachbarten Teile, überleben die Kaninchen diese Operation und kehren allmählich zum normalen Zustande wieder zurück. Nach 6 oder 10 Tagen ist das Tier im stande zu gehen, sich von einem Platz zum andern zu bewegen u. s. w.

Es verbleibt nur noch eine Unsicherheit in den Bewegungen, und das Kaninchen sitzt am liebsten regungslos auf einer Stelle in einer Ecke oder an die Wand gelehnt.

Bemerkung BECHTEREWs hinsichtlich der CYONschen Versuche: CYON spricht in seiner Pariser Dissertation aufs neue von Bewegungsstörungen, die während der Operation am Gehörnerven des Kaninchens eintraten; aber die Beschreibung der dabei beobachteten Erscheinungen ist vom Autor zu allgemein gehalten, auch weist die Erklärung derselben manche Unklarheiten auf.

Beobachtungen **Bechterews** (1882).[199])

Sogleich nach der Durchschneidung eines Gehörnerven (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden) zeigten sich beim Tiere Drehsymptome um

[199]) BECHTEREW. Ergebnisse der Durchschneidung des n. acusticus, nebst Er-

die Längsaxe des Körpers nach der Seite der Läsion hin; sie waren von starker Ablenkung der Augen, des gleichseitigen Auges nach unten und aufsen, des entgegengesetzten nach oben und innen begleitet. An beiden Augen wurde aufserdem ein starker Nystagmus in der der Ablenkung entgegengesetzten Richtung beobachtet; zugleich geringe Erweiterung der Pupille auf der Seite des intacten Acusticus. Die Drehungen des Tieres äufserten sich am deutlichsten in den ersten Tagen nach der Operation und dauerten ohne Unterbrechung einige Stunden lang fort; nur auf kurze Zeit beruhigte sich das Tier, behielt jedoch eine Zwangsseitenlage nach der der Läsion entsprechenden Seite bei. Auch der Kopf nimmt eine besondere Seitenlage ein: die eine (der lädierten Seite ensprechende) Backe nach unten, die andere nach oben. Augenablenkung und Nystagmus werden im Ruhezustande des Tieres ebenfalls beobachtet, wenngleich schwächer, als während der Drehbewegungen. Zugleich ist fast immer eine besondere Haltung der Extremitäten vorhanden; die Extremitäten der entgegengesetzten Seite sind nach aufsen gerichtet, extendiert und so stark gespannt, dafs sie nur mit Mühe flektiert werden können, während die der Seite der Läsion entsprechenden Extremitäten an den Rumpf gezogen, halb eingebogen sind und sich leicht passiv flectieren und extendieren lassen. Dieses sonderbare Verhalten der Extremitäten äufsert sich besonders stark im Ruhezustande des Tieres auf der der Läsion entsprechenden Seite. Bei jeder anderen Lage, z. B. wenn man das Tier auf den Rücken umdreht oder wenn man es in die Hände nimmt, wird die Verschiedenheit der Spannung der Extremitäten merklich vermindert und verschwindet schliefslich ganz. Wiewohl die eben beschriebenen Erscheinungen für Tiere, denen man den Acusticus durchschnitten hat, nichts Typisches, sondern bei allen Tieren nach Zerstörung der grauen Centralmasse der III. Kammer oder der Olive, oder nach einer Durchschneidung der pedunculi cerebelli beobachtet sind, ist doch bis jetzt von keinem der Autoren, welche sich mit den Bogengängen beschäftigt haben, die Aufmerksamkeit auf die erwähnte Eigenart in der Haltung der Extremitäten des operierten Tieres gerichtet worden.*) Im Ruhezusand, d. h. in den Pausen zwischen den Drehanfällen, bewahrt das Tier mit durchschnittenem Gehörnerven die Lage auf der der Läsion entsprechenden Seite. Diese Lage — und dies mufs hervorgehoben werden — trägt entschieden den Charakter einer *Zwangs*lage. Wenn man das Tier von der Stelle bringen will oder es auf die andere Seite zu legen versucht, so leistet es einen starken Widerstand, indem es sich mit den Extremitäten der entgegengesetzten Seite gegen den Fufsboden stemmt; läfst man es aber in Ruhe, so legt es sich entweder in die frühere Lage zurück, oder es führt seine Umdrehungen aus. Jeder für das Tier unerwartete Lärm ruft gewöhnlich sogleich Umdrehungen um die Körperaxe hervor, deren allgemeiner Charakter sich in nichts von den Umdrehungen unterscheidet, welche infolge Durchschneidens der pedunculi des Kleinhirns oder infolge der Zerstörung der Oliven und der Centralmasse in der hinteren Gegend des Trichterteils der III. Kammer auftreten.**) Eine Verstärkung des Augennystegmus begleitet immer die Drehbewegungen, nach

---

örterung der Bedeutung der semicirculären Kanäle für das Körpergleichgewicht. PFLÜGERs Archiv d. Ges. Pysiol. Bd. 30, p. 312—347. 1883.

*) Dasselbe konnte BECHTEREW an von ihm operierten Tauben beobachten; an von ihm operierten Hunden, die sich von der Durchschneidung des Acusticus soweit erholt hatten, dafs sie gehen konnten, war nichts Ähnliches hinsichtlich der beiden auf der Läsionsseite befindlichen Extremitäten zu konstatieren.

**) Die genaue Beschreibung der Geleiterscheinungen dieser Umdrehungen wurde

deren Aufhören der Nystagmus aufs neue merklich schwächer wird. Nur nach einigen Tagen nach der Operation nimmt die Stärke der Umdrehungen progressiv ab. Sie treten nunmehr nur anfallsweise auf, nach einer starken Reizung von aufsen und mit langen Ruhepausen abwechselnd. Wenn sich das Tier von der Operation überhaupt erholt, so verschwinden nach circa einer Woche die Umdrehungen; die Zwangslage auf der Seite dauert gewöhnlich nach dem Aufhören der Umdrehungen noch weiter fort. Nur allmählich gewinnt das Tier das Vermögen, sich wieder auf den Füfsen zu halten. Die Augenablenkung, die Seitenlage des Kopfes und das Bestreben, auf die Seite der Läsion niederzufallen, pflegen gewöhnlich noch sehr lange anzuhalten. In dieser Periode der Rekonvaleszenz macht das Tier noch sogenannte Manège- oder Kreisbewegungen in der Richtung nach der lädierten Seite hin. Dieselben treten ebenso wie die Umdrehungen anfallweise auf. Mit der Zeit werden auch diese Erscheinungen schwächer, wiewohl BECHTEREW die vollständige Wiederherstellung der Regelmäfsigkeit der Bewegungen selbst nach einigen Wochen nicht konstatieren konnte.

Noch ein Umstand während der Periode, da das Tier die Coordination in seinen Bewegungen wiederzuerlangen beginnt, verdient hervorgehoben zu werden. Bei Verschlufs der Augen nämlich werden die Bewegungsstörungen verstärkt. Bei einem für das Tier unerwarteten Schall fällt es gewöhnlich auf die Seite des durchschnittenen Nerven und dreht sich dann ein- bis zweimal um die Längsaxe seines Körpers.

Nach Durchschneidung *beider* nn. acustici des Tieres treten allgemeine Gleichgewichtsstörungen auf, die sich im Unvermögen zu stehen oder zu gehen äufsern, wiewohl das Tier nicht gelähmt ist. Das auf diese Weise operierte Tier liegt in jeder Lage auf dem Fufsboden. Wenn es zur Bewegung auf schmerzhafte Weise angetrieben wird, schlägt es mit den Pfoten, wälzt sich auf dem Fufsboden hin und her, wobei alle Bewegungen uncoordiniert sind und zur Fortbewegung des Körpers somit nicht führen können. Bei diesen Bewegungsversuchen des Tieres treten fast immer schaukelnde Bewegungen des Kopfes von einer Seite zur anderen hinzu. An den Augen ist keine Ablenkung zu sehen, aber in der ersten Zeit nach der Operation besteht fast immer ein horizontaler Nystagmus.

Die Tiere erholen sich sehr selten von der Operation. Die Bewegungsstörungen dauern immer lange Zeit; in glücklichen Fällen fängt die Herstellung der Bewegungsfähigkeit der Tiere nach einigen Wochen sich wieder einzustellen an. Wenn man die beiden nervi acustici nicht zu gleicher Zeit, sondern in einem Abstand von einigen Tagen durchschneidet, nachdem die nach Durchschneidung des einen Nerven erfolgten Erscheinungen schon schwächer geworden sind, so traten sofort nach dem Durchschneiden des anderen n. acusticus, aufser allgemeiner Gleichgewichtsstörung, noch Drehungen des Kopfes und des Rumpfes um die Längsaxe nach der Seite der letzen Läsion auf. Auch ist eine Augenablenkung, manchmal auch eine Zwangslage auf der operierten Seite zu verzeichnen. In diesem Falle scheint es, als ob der Effekt des einseitigen Durchschneidens des n. acusticus in schwächerem Grade auf sehr kurze Zeit sich wiederholte. Gewöhnlich verschwinden die erwähnten Erscheinungen am 2. oder 3. Tage und die Tiere behalten nur allgemeine Gleichgewichtsstörungen bei.

---

von BECHTEREW geliefert in dem Aufsatz: Tierversuche über zwangsweise Rollbewegungen um die Längsaxe in No. 6 St.-Petersb. Med. Woch. 1882 geliefert.

Einwand **Baginskys** (1885)[200]) gegen **Bechterew.**

B. ist der Meinung, dafs die Versuche BECHTEREWs von keiner Bedeutung für die Physiologie der Bogengänge sind, weil bei der angewandten Operationsmethode ein isoliertes und sauberes Durchschneiden des Gehörnerven unmöglich ist. Bei einer derartigen experimentellen Methode sind Blutungen, Kompression von Gehirnteilen u. s. w., mit Drehschwindel verbunden, unvermeidlich.

Erwiderung **Bechterews** (1888)[201]) an **Baginsky.**

B. hat nicht beachtet, dafs die isolierte Durchtrennung des Gehörnerven jedesmal durch Autopsie nach dem Tode des Tieres thatsächlich festgestellt worden ist.

Beobachtungen **Schraders** (1887).

Im Gegensatz zu STEINER war die Durchschneidung des Gehörnerven beim Frosch an seiner Eintrittsstelle in die Knochenkapsel, die das Labyrinth einschliefst, von denselben Erscheinungen wie die Zerstörung der Kanäle begleitet.

D.

Gleichgewichtsstörungen nach Durchtrennung der Nackenmuskeln.

Beobachtungen **Longets** (1845).[202])

Die Versuche wurden angestellt: am Pferde, am Schafe, am Hunde, an der Katze, am Meerschweinchen, am Kaninchen u. s. w.

Es soll die Frage beantwortet werden, ob die Gleichgewichtsstörung durch Ausfliefsen von cerebrospinaler Flüssigkeit, oder durch die Durchtrennnung der Nackenmuskulatur hervorgerufen wird.

Um nur die Flüfsigkeit, ohne jede Verletzung der Muskulatur des Halses, zu entfernen, wurde ein Wirbelbogen entfernt.

Hierauf kam nur eine geringe, durch die Verletzung bedingte Schwäche zum Vorschein, weiter aber nichts. Zum Zwecke vollständiger Entfernung der Gehirnflüssigkeit wurde der Schädel am Nackenteil geöffnet. Hierbei konnte konstatiert werden, dafs das Abfliefsen der Flüssigkeit ohne jede Wirkung auf die Coordination der Bewegungen des Tieres verblieb. Sobald man aber nur die mm. recti capitis poster. maj. et minor. [les muscles sous-occipitaux postérieurs avec le ligament sous-épineux, quand il existe] durchschneidet, treten sogleich die unregelmäfsigen Bewegungen ein.

Experiment am Hund:

Nach der Durchtrennung der Muskeln beugt sich der Kopf stark nach vorn vor, das Tier verliert das Gleichgewicht; in allen vier Extremitäten bemerkt man

---

[200]) BENNO BAGINSKY. Zur Physiologie der Bogengänge. Archiv für Anatomie und Physiologie 1885, p. 253—266.

[201]) BECHTEREW. Neurolog. Centralblatt. 1887, p. 192.

[202]) Nouvelles expériences relatives à la soustraction du liquide cérébro-spinal, et aux phénomènes qui résultent de la section des parties molles de la nuque.

Extrait des Annales médico-psychologiques, T. VI. Septembre 1845.

Annales des Sciences naturelles. 3. Série. Zoologie. T. IV. 1845.

Schwäche, welche in den hinteren Extremitäten am stärksten ist; der Hund liegt auf dem Bauch; er liegt eine zeitlang unentschlossen da, hierauf springt er plötzlich auf, macht auf eine ungewöhnlich stürmische Weise zwei bis drei Sprünge nach vorn, und fällt hierauf auf den Bauch mit ausgespreizten Füfsen, welche er hastig bewegt. Nach kurzer Zeit aber erhebt sich der Hund schwankend auf den weit auseinander gestellten Füfsen und bewegt sich mit ungleichen Schritten fort, wie wenn er berauscht wäre.

Wenn man ihn plötzlich erschreckt, macht er den Versuch zu entfliehen, wobei er aber zwecklose Bewegungen ausführt; er fällt hin und macht Drehbewegungen. Dieselben Erscheinungen beobachtet man bei den Meerschweinchen und Kaninchen; bei diesen kommt aber die Schwäche in den hinteren Extremitäten schwächer zum Ausdruck, als beim Hunde. Besonders scharf tritt die Unregelmäfsigkeit der Bewegungen bei der Katze hervor: sie springt auf, fällt hin und dreht sich um ihre Längsaxe. Von fünf operierten Schafen bewegten sich drei nach hinten. Die übrigen Erscheinungen sind bei ihnen weniger scharf ausgeprägt, als bei den angeführten Tieren.

Bei Pferden war das Durchschneiden „des muscles-sous-occipitaux“ ohne Folgen, aber nach dem Durchschneiden „du ligament sous-épineux“ wurde der Gang unregelmäfsig, das Pferd setzte sich auf die Hinterbeine, als ob dieselben von einer bedeutenden Last eingedrückt würden. Im allgemeinen schien der Gang viel fester als bei den übrigen Tieren.

Alle diese Erscheinungen traten mit voller Schärfe nur in dem Falle hervor, wenn „les deux petits muscles droits postérieurs“ vollständig durchschnitten waren.

Einseitige Durchschneidung hatte keine anormalen Bewegungen zur Folge.

Man brauchte nur den Kopf des operierten Tieres etwas zu stützen, damit alle anormalen Bewegungen verschwanden.

Die unregelmäfsigen Bewegungen dauerten beim Pferde ungefähr 6—8 Stunden beim Schaf 10—12 und beim Hunde, Meerschweinchen, bei der Katze und beim Kaninchen 36—40 Stunden.

Wenn wir nach der Erklärung dieser Erscheinungen suchen, werden wir finden, dafs die Stärke derselben in geradem Verhältnis zur Gröfse des Winkels steht den die Längsaxe des Körpers mit derjenigen des Kopfes bildet. Bei Pferden ist dieser Winkel beinahe ein rechter; bei den anderen Tieren ist er stumpf. Deshalb beugt sich der Kopf der anderen Tiere nach der Durchschneidung viel mehr nach vorn, als beim Pferde. Versuche mit Vögeln führten zu negativen Resulaten, weil die Längsaxe ihres Halses vertikal zur Längsaxe des Kopfes verläuft. Aufserdem ist der Schädel der Vögel, infolge seiner umfangreichen Höhlen sehr leicht; das Gegenteil ist bei Säugetieren der Fall. Bei Sektionen wurde immer Stauungshyperämie des Kleinhirns vorgefunden, die durch den Druck, den der stark vorgebeugte Kopf auf das Nachhirn ausführt, erklärlich ist. Um sich von der Wirkung des vorgebeugten Kopfes zu überzeugen, stellte LONGET an sich selbst folgenden Versuch an. Er hielt während einiger Stunden den Kopf stark auf die Brust gesenkt. Hierbei fühlte er ein starkes Pulsieren der a. temporalis, das Gesicht war rot, Ohrensausen und Atembeschwerden stellten sich ein; letzter Umstand zwang ihn, mit dem Versuche aufzuhören. Es verblieben eine zeitlang danach unbedeutende Kopfschmerzen. Die angeführten Versuche erinnern an die Experimente FLOURENS, bei denen er das Kleinhirn verletzte. Die Unregelmäfsigkeit in den Bewegungen bei seinen Versuchen erklärt LONGET durch den Druck des Kopfes auf das Nachhirn. Das Verschwinden der Erscheinungen läfst sich nur durch die Fähigkeit, welche das Nervensystem sich an einen geringen Druck zu gewöhnen besitzt, erklären. Hiervon überzeugte sich LONGET durch weitere Versuche. Er führte in den eröffneten Schädel eines Kaninchen, Metallplättchen hinein, um auf diese Weise einen Druck auf das Gehirn

auszuüben. Die vorher beschriebenen Erscheinungen traten ein und verschwanden nach einer Stunde. Bei der Sektion fanden sich apoplektische Herde im Gehirn vor. Ähnliche Erscheinungen wurden auch nach Durchschneidung des Trigeminus beobachtet. Das Tier fiel auf die Seite hin, erholte sich aber von dem Eingriff in kurzer Zeit.

Beobachtungen **Cyons** und **Soluchas.**

Sie bestätigen die Beobachtungen LONGETs. C. und S. beobachteten bei Hunden nach der Durchtrennung der mm. recti capitis post. maj. et minor eine Beugung des Kopfes nach unten, Schwanken während des Gehens von einer Seite zur andern und Ausspreizen der Beine; die Hunde gehen langsam, den Kopf etwas vorgebeugt, und die Füfse vorsichtig auf den Boden setzend, indem sie dabei die Vorderpfoten spreizen. Während des Laufens fielen sie öfters und erhoben sich nur mit einer gewissen Anstrengung.

Nach 5—6 Tagen verschwanden alle Erscheinungen, nur stützten die Tiere den Kopf mit dem Unterkiefer auf der Brust. Auch die Bewegungen während des Gehens gewannen ein normaleres Aussehen.

Mutmafsungen **Budges** (1874)[203] über den Steigbügel.

Als Grundlage dieser Abhandlung dient die nicht zu bestreitende Thatsache (?), dafs in ein und demselben Augenblick zwei verschiedene Empfindungen oder Vorstellungen in unsrer Seele nicht vor sich gehen können. Dieselben können nur einander folgen. Wenn nun der Wechsel der Empfindungen sehr schnell, ohne die nötigen Pausen („Weilen") zwischen den einzelnen Vorstellungen vor sich geht, so entsteht der Kopfschwindel, worauf MARCUS HERZ (1791) schon längst hingewiesen hat. Man darf weiterhin folgern, dafs der Kopfschwindel auch dann eintritt, wenn in unsrer Psyche einige Vorstellungen auf einmal erscheinen, oder wenn das Gehirn infolge eines abnormen Zustandes die Empfindungen nicht mit genügender Geschwindigkeit aufnimmt.

Es läfst sich annehmen, dafs die Kontraktion d. m. stapedius wellenartige Bewegungen der Lymphe hervorruft, welche sich gleichzeitig nach allen drei Kanälen in drei verschiedenen Richtungen erstrecken. Die gleichzeitig gereizten Nerven sind dem soeben Gesagten gemäfs nicht im stande, im Gehirn gesonderte Vorstellungen hervorzurufen, folglich Kopfschwindel. Der Schwindel aber ruft entsprechende kompensatorische Kontraktionen der Muskeln hervor, um den Körper im Gleichgewicht zu erhalten. „Die Aufmerksamkeit, welche die Seele auf den stets balancierenden Körper zu richten hat, reflektiert sich auf den m. stapedius. Es entsteht Schwindel und infolge des Schwindels werden unaufhörlich die richtigen Bewegungan gemacht. Unter gewöhnlichen Verhältnissen merken wir gar nichts, die Aktion geschieht so rasch, dafs ebenso wenig die Aufmerksamkeit als das Schwindelgefühl zum Bewufstsein kommen." Dieser Reflex geschieht mit Hilfe des n. facialis, welcher den musculus stapedius innerviert. „Im mittleren Ohre sind nicht nur zwei Muskeln angebracht, sondern jeder von beiden ist auch von einem eigenen Nerven versorgt. Der m. tensor tympani, welcher die Gehörsempfindungen, also die Schnecke unterstützt, ist vom nerv. trigeminus, der musc. stapedius, welcher den Affekten dient und sich auf die Bogengänge bezieht, vom nerv. facialis ab-

[203]) J. BUDGE. Mutmafsungen über die Funktion des m. stapedius. PFLÜGERs Archiv f. d. gesam. Physiologie. Bd. IX. p. 460—467. Oktober 1874. Der gröfste Teil der Abhandlung hat v. STEINs Meinung nach gar keine Beziehung zur ausgesprochenen Voraussetzung oder doch nur eine sehr entfernte.

hängig. Psychologisch stehen Aufmerksamkeit und Gehör sich nahe; anatomisch Bogengänge und Schnecke, m. stapedius und tensor tympani.“

Weiter fafst B. ohne jede Begründung die Ampullarnerven und diejenigen des utriculus als „nicht sensuelle Nerven“ auf, welche nicht zur Aufnahme der Gehörsempfindungen, sondern nur zum Empfinden der Bewegung der Endolymphe dienen. „Diese Nerven sind nicht sensuell, d. h. sie bewirken keine Gehörsempfindung. Denn wenn die Bogengänge zerstört werden, die Nerven von den Wasserwellen nicht mehr afficiert werden können, leidet das Gehör nicht (?!). Sie hängen auch nicht mit Muskeln zusammen, sind nicht motorischer Art; sie gehören vielmehr zu den sensiblen. Das will sagen: sie fühlen die Wellen etwa so, wie ein Finger die Luftzüge fühlt, welche von verschiedenen Seiten gegen ihn anströmen.“

Einwand **Bornhardts** (1875) gegen **Budge.**

(l. c. p. 86.) Um die oben angeführten Voraussetzungen BUDGEs zu verifizieren, stellte B. einige Experimente an, indem er den Steigbügel bei Tauben extrahierte. (Die Methode dieser ziemlich leichten und rein durchgeführten Operation ist in dem Abschnitt über die Experimentalmethoden beschrieben.)

Diese Operation war niemals von irgend welchem Einfluſs auf die Fähigkeit der Tiere, das Gleichgewicht ihres Körpers zu erhalten. Deutlich jedoch fiel die Herabsetzung des Gehörs auf (FLOURENS).

Eine sofort an die Operation angeschlossene Läsion der Bogengänge rief dieselben Erscheinungen hervor, wie sie bei Tieren, deren Steigbügel erhalten sind, nach diesem Eingriff beobachtet werden.

Hieraus folgt, daſs die Annahme BUDGEs den Thatsachen nicht entspricht.

E.

CYON und SOLUCHA beobachteten bei Tauben, denen sie prismatische Gläser vorsetzten, Gleichgewichtsstörungen.

F.

SCHRADER konnte, indem er die Haut eines Frosches durch Eintauchen des Tieres in 5 % Cocaïnlösung anästhesierte, keine Gleichgewichtsstörungen bemerken.

Unreine Versuche an den Bogengängen.

Als *unreine Versuche* muſs man diejenigen Experimente bezeichnen, bei welchen die Reizungen (infolge von Blutung) oder die Läsion selbst nicht streng und präzis an den Bogengängen lokalisiert waren, sondern sich auf das ganze Labyrinth oder auf die oben genannten benachbarten Teile des Gehirns erstreckten. Hierher müssen auch die Versuche, denen sich konsekutive Entzündungserscheinungen hinzugesellten, mit eingerechnet werden. Dergleichen Versuche dürften, da die hierbei beobachteten Erscheinungen komplizierter Natur sind, zur Erklärung der Funktionen der einzelnen Teile des Labyrinths wenig oder gar nichts beitragen. Demungeachtet

stellte Goltz in aprioristischer Weise seine bekannte Hypothese auf und suchten Boettcher u. a. einen Zusammenhang zwischen den Erscheinungen der Gleichgewichtsstörung und der Störung der Funktion der Bogengänge in Abrede zu stellen. Derartige Meinungsverschiedenheiten waren nur möglich zu jener Zeit, als die Experimentationsmethoden sich durch besondere Genauigkeit nicht auszeichneten. Heutzutage aber bestehen Methoden, welche unsre Manipulationen auf die Kanäle zu beschränken und einheitliche Resultate zu erzielen ermöglichen. Somit hat die Meinungsverschiedenheit unter den Forschern betreffs einiger hierher bezüglichen Punkte ihre Bedeutung verloren.

Die weiter unten angeführten unreinen Versuche dürften nicht sowohl hinsichtlich der hierbei angewandten Methoden, als vielmehr deshalb von Interesse sein, weil sie in klinischer Beziehung, z. B. bei traumatischen Verletzungen des Gehörorgans oder des Schädels, wertvolle Hinweise für die Diagnose der Stelle der Verletzung enthalten.

Ferner illustrieren sie zum Teil die Ausbreitungsweise der konsekutiven Entzündungen des Labyrinths, wie sie z. B. nach Experimenten an den Bogengängen vorzukommen pflegen. Die Entzündung, sowie ihre Fortpflanzung auf die benachbarten Gebiete wird zum grofsen Teil durch Nichtbeachtung der antiseptischen und aseptischen Vorschriften bedingt. Dieselben sind von einer grofsen Anzahl von Experimentierenden thatsächlich nicht beobachtet worden.

I.

Unreine Versuche infolge grober Verletzung der Bogengänge und der benachbarten Teile, oder infolge Fortpflanzung der Entzündung von den lädierten Bogengängen aus.

Beobachtung **Vulpians** (1866).

p. 602. An einem Hahn, der während eines Kampfes eine Wunde am Kopf erhielt, wurden alle diejenigen Erscheinungen beobachtet, welche bei den Versuchen Flourens' vorkamen. Bei der Sektion fand sich eine Ostitis mit Übergang der Entzündung auf das innere Ohr.

Beobachtung von **Goltz** (1870).

Auf die Beobachtung von Flourens, dafs, je stärker die den Kanälen zugefügte Verletzung ist, desto schärfer auch die charakteristischen Erscheinungen zum Vorschein kommen, sich stützend, suchte Goltz die Kanäle nicht etwa vorsichtig zu durchschneiden, sondern er zerstörte sie gleich in ausgedehntem Mafse. Anfangs bediente er sich hierzu eines sehr scharfen Hohlmeifsels, aber als nach diesen groben Manipulationen alle Tiere infolge Blutung zu Grunde gingen, begnügte er sich, die Knochenstückchen herauszubrechen. Von den auf diese Weise operierten Tieren blieben zwei Tauben leben, und diese dienten ihm als Grundlage für die Aufstellung seiner später zu besprechenden hypothetischen Folgerungen. (Die zwei oberflächlich liegenden Kanäle waren durch Herausbrechen von Knochstückchen lädiert.) Lange Zeit nach Heilung der Wunden zeigten die Tauben folgende Störungen:

1. Taube, bei welcher die Knochenstücke in geringer Ausdehnung herausgebrochen sind: Der Kopf wird selten gerade gehalten, gewöhnlich schief, so dafs das Auge nach oben gerichtet ist. Selten ist der Kopf in Ruhe, er wechselt vielmehr rechte fortwährend seine Stellung aus der schiefen in eine gerade und umgekehrt. Die auf den Fufsboden gestellte Taube kann sich nicht in gerader Richtung fortbewegen. Gewöhnlich werden von ihr Kreise beschrieben, öfter nach links, als nach rechts; hierbei schlägt die Taube ziemlich stark den Scheitel auf den Fufsboden und verharrt eine zeitlang in dieser Stellung. Hierauf setzt sie ihren Weg weiter fort. Öfters scheint es, als ob die Taube von plötzlichem Kopfschwindel befallen wäre. Sie überschlägt sich dann mit ausgebreiteten Schwanzfedern nach hinten und schlägt mit den Flügeln, ohne im stande zu sein sich zu erheben. Die Erscheinungen treten noch schärfer bei beschleunigten Bewegungen des Tieres hervor. Wenn man die Taube auf eine Stuhllehne setzt, so hält sie sich auf derselben fest. Aber, sobald man den Stuhl von hinten nach vorn und umgekehrt einmal schaukelt, verliert das Tier das Gleichgewicht und fällt auf den Fufsboden nieder. In den ersten Tagen nach der Operation mufste das Tier gefüttert werden. Späterhin nahm sie selbst ihre Nahrung, aber mit grofser Anstrengung. Der Schnabel traf die Erbsen niemals sogleich. Aus einer Schale zu trinken, gelang ihr auch nicht. Beim Schlafen war der Körper nach vorn gebeugt und der Scheitel auf den Fufsboden gestützt.

2) Bei der zweiten Taube, bei welcher die Verletzung weil ausgedehnter war, traten alle die soeben beschriebenen Erscheinungen noch viel stärker hervor. Der Scheitel berührt die Brust und ist nach unten, das rechte Auge nach links, das linke nach rechts gerichtet. Der Kopf macht pendelartige Schwingungen. Das Tier wechselt ungern seinen Platz. Wird es mit Gewalt von demselben geschoben, so macht es einige Schritte nach hinten, oder dreht sich nach links. Nicht selten fällt es auf den Rücken um, indem es hierbei mit den Flügeln schwingt. Diese Taube ist nicht im stande selbständig Futter zu nehmen. Auf den Finger oder auf eine Stuhllehne gestellt, fällt sie sogleich rückwärts oder nach unten.

Beide Tauben sind nicht im stande zu fliegen. In die Luft geworfen, fallen sie nach einigen Flügelschlägen wie Steine auf die Erde.

Trotz allem hören die Tauben gut. Wenn man eine solche Taube durch eine Schirmöffnung beobachtet und, nachdem man den Augenblick, in welchem sie sich beruhigt, abgewartet hat, plötzlich mit den Händen klatscht, so vollführt sie sofort schnelle Bewegungen.

Die von GOLTZ an den 2 Tauben beobachteten Erscheinungen waren bereits bis auf Einiges von FLOURENS beschrieben worden.

Einwand **Bornhardts** (1875).

p. 24. Wenn wir bedenken, dafs durch Herausbrechen von Knochenstücken aus den Bogengängen die häutigen Kanäle nicht durchbrochen, sondern an verschiedenen Stellen stärker gezerrt werden und reifsen; wenn wir fernerhin bedenken, dafs auch der in dem unberührten Knochenkanal liegende membranöse Bogengang unter Umständen mit herausgerissen werden kann, dafs ferner aus den zerrissenen Wandungen des membranösen Bogengangs das ausströmende Blut in die knöchernen Kanäle dringt und hierbei auch diejenigen Teile durchtränkt, in denen noch Überreste von häutigen Bogengängen vorhanden sind, die auf diese Weise gereizt werden; wenn wir schliefslich in Betracht ziehen, dass das Blut, nachdem es die Höhle, in welcher sich die Bogengänge befinden, angefüllt hat, auch die spongiösen Wände dieser Höhle durchtränkt und daraufhin in das Gewebe des Kleinhirns und des Nachhirns dringt — so ersehen wir, dafs die durch derartige Versuche herbeigeführten Resultate keinen streng wissenschaftlichen Wert haben und demnach für uns so gut wie wertlos sind.

BORNHARDT ist demnach fest davon überzeugt, dafs ein Teil der Erscheinungen, die von GOLTZ an seinen zwei Tauben beschrieben sind, als Folge einer Kleinhirnläsion oder eines in das Gewebe des Gehirns eingedrungenen Blutergusses aufzufassen ist.

Beobachtung **Bornhardts** (1875).

Bei einer Taube wird der *linke* horizontale knöcherne Kanal eröffnet, und in denselben ein keilförmiges Holzstiftchen mit der Spitze in die Ampulle hineingeführt. Die Taube drehte sich sofort *nach links*, wobei manchmal der *linke* Fufs einknickte. Nach der Entfernung des Stiftchens waren die Drehungen schwächer. Aus der Öffnung ragte der zerrissene, membranöse Kanal heraus; er wurde mit einer Pincette herausgezogen und darauf wieder hineingeführt. Wenn man den Stift mit der Spitze in der entgegengesetzten Richtung hereinführte, beschrieb das Tier manchmal Kreise oder Halbkreise nach *rechts*.

Versuche **J. Kessels** (1877).[204])

1. Die Trommelfelle eines Frosches wurden mit einer glühenden Nadel zerstört und die Columellen aus den ovalen Fenstern entfernt. Durch diese Operationsmethode werden Blutungen verhütet. Hierauf zerstörte K. mit der glühenden Nadel durch die ovalen Fenster hindurch die Säckchen des Labyrinths. Entfernung der Labyrinthflüssigkeit mit einer Glaspipette. In ihr befanden sich Otolithen. Im Laufe von 24 Stunden safs das Tier regungslos auf einer Stelle. Beim Drehen auf einer Centrifuge machte es kompensatorische Bewegungen, wie ein gesunder Frosch.

2. Einem chloroformierten Hunde wurde ein Meifsel durch den Gehörgang und das Trommelfell in der Richtung zum hinteren oberen Teil der Paukenhöhle getrieben und daraufhin das Labyrinth doppelseitig zerstört. 8 Tage lang lag das Tier regungslos da. Manchmal hob der Hund auf kurze Zeit den Kopf in die Höhe und führte pendelartige Schwingungen aus. Nach 14 Tagen hielt er den Kopf auf normale Weise und erhob sich auf den Vorderbeinen, die hinteren waren noch gelähmt. Nach 22 Tagen machte das Tier Versuche zu gehen, es gelang ihm aber nur, einige Schritte zu machen. Bei der Section wurde eine eitrige Entzündung beider Labyrinthe konstatiert. An einer Stelle war der Meifsel in den Schädel eingedrungen und hatte hier eine Blutung verursacht. Trotz der Zerstörung des Labyrinths waren keine Zwangsbewegungen bemerkt worden.

Die angeführten Beispiele von traumatischer Läsion des Labyrinths und seiner Nachbarteile mögen genügen.

Unreine Experimente sind besonders zahlreich von denjenigen ausgeführt worden, welche sich nicht nur auf die Beschreibung der prägnanten Erscheinungen beschränkten, sondern die sich noch bemühten, die Folgeerscheinungen innerhalb einer mehr oder weniger langen Zeit zu verfolgen. Sie (BOETTCHER, BLOCH u. s. w.) haben nachgewiesen, dafs in allen diesen Fällen oder wenigstens in den bei weitem zahlreichsten, Veränderungen im Centralnervensystem, wie Meningitis verschiedenen Grades, Blutungen, Erweichungsherde der Gehirnmasse, eitrige Infiltration

---

[204]) J. KESSEL. Über das Mobilisieren des Steigbügels durch Ausschneiden des Trommelfelles, Hammers und Ambofses bei Undurchgängigkeit der Tuba. Archiv f. Ohr. Bd. XIII, p. 86. 6. Nov. 1877.

derselben, metastatische Abscesse u. s. w. vorhanden waren. Solche Befunde haben einige Forscher bewogen, wie wir schon S. 299 gesehen haben, die Flourensschen Erscheinungen auf die Bogengänge nicht zu beziehen. Für ihre Annahme sprach wahrscheinlicherweise noch der Umstand, dafs nach vorsichtigem Durchschneiden der Kanäle eine Gleichgewichtsstörung manchmal fast nicht zu bemerken war. Die Versuche mit der Reizung der nicht eröffneten Knochenkanäle (S. 279) aber geben einen Beweis für das Irrtümliche dieser Annahme ab.

II.

Unreine Versuche infolge starker Blutung aus den Blutleitern der Bogengänge und Anwendung von liqu. ferri sesquichlorati zu ihrer Stillung.

Beobachtungen **Spamers** (1880).

Da die Blutung bei den Experimenten eine Ursache für mancherlei Komplikationen ist, widmet ihr Spamer eine besondere Aufmerksamkeit.

Starke Blutungen ziehen bedeutendere Veränderungen nach sich, als eine Entfernung grofser Stücke aus zwei, oder sogar aus allen Kanälen der einen Seite.

1. Wenn auf einer Seite alle Kanäle durchschnitten sind und auf der anderen starke Blutung ohne Läsion eines Kanals eingetreten ist, so kann man bemerken, dafs die Umdrehungen nach der Seite der Blutung hin geschehen. Diese Erscheinung tritt dann noch stärker hervor, wenn gleichzeitig mit der Blutung noch ein Kanal lädiert ist. Nach einer bedeutenden Blutung ist es schwer darüber zu entscheiden, welche Erscheinungen durch diese und welche durch das Durchschneiden der Kanäle ihre Erklärung finden.

2. Erscheinungen von Gleichgewichts- und Bewegungsstörungen treten schon nach starker Blutung aus den in der Nachbarschaft der Kanäle befindlichen Weichteilen auf.

3. Die Bewegungsstörungen sind noch schärfer ausgeprägt, wenn zur Blutstillung liqu. f. s. angewandt war. Auch in diesen Fällen leidet, wie beim Durchschneiden, am stärksten der Flug. Nach einer Stunde jedoch verschwinden alle Erscheinungen vollständig und die Tauben können aufs neue gut laufen und fliegen.

Manchmal hört die Blutung auf, wenn man auf die betreffende Stelle einen Schwamm drückt. In diesen Fällen beobachtet man eine Schwäche in den Bewegungen während 5—10 Minuten. Wenn nach dem Durchschneiden beider oberflächlicher Kanäle die Blutung durch liqu. f. s. gestillt ist, bemerkt man ein bedeutendes Schwanken in den Bewegungen der Taube. In die Luft geworfen, setzt sie sich ziemlich ungeschickt auf die Diele nieder. Je stärker die Blutung, desto gröfser die Bewegungsstörung.

4. Dafs die Taube das Bestreben hat, sich nach der blutenden Seite hin zu drehen, kann als Regel aufgestellt werden.

5. Nach starken Blutungen beobachtet man nicht selten kreisförmige Bewegungen, welche um die auf den Fufsboden aufgestützte Brust oder um den Kopf als Stützpunkt ausgeführt werden. Diese Bewegungen dauern niemals lange. Nach 3—10 Kreisen gehen die Tiere schon frei herum und können ziemlich grofse Strecken durchlaufen, aber wenn sie Hindernissen begegnen, neigen sie sich immer nach der

Seite der Läsion. Nach einer halben Stunde sind alle Erscheinungen schon bedeutend schwächer.

6. Beide oberflächlichen Knochenkanäle sind auf einer Seite zugleich mit ihren Gefäfsen durchtrennt. Zur Stillung der Blutung wandte man liqu. f. s. in ziemlichen Mengen an. Wenn auch nicht oft, werden in solchen Fällen Umdrehungen um die Längsaxe des Körpers beobachtet. Manchmal wechseln diese Bewegungen mit Zeigerdrehungen ab. Bei rascher Stillung der Blutung treten die erwähnten Umdrehungen niemals auf, die Bewegungen des Tieres sind fast gar nicht gestört.

7. Ruckartige Kopfbewegungen treten oft nach doppelseitiger, manchmal auch bei einseitiger Operation, besonders nach Blutstillung mit liqu. f. s. auf. Nur in sehr seltenen Fällen bleiben diese Komplikationen aus.

8. Eine sehr häufige Erscheinung nach starken Blutungen ist die Unbeholfenheit des Fufses auf der Seite der Blutung. In ausgesprochenen Fällen ist der Fufs vollständig gelähmt, nach vorn extendiert und absolut nicht im stande, irgend welchen Gegenstand zu fassen. In leichteren Fällen kann das Tier sich seines Fufses noch bedienen. Wenn man die Taube vom Finger wegnimmt, kann man keinen Unterschied in der Kraft beider Pfoten konstatieren. In den schwersten Fällen von Blutung mit nachfolgender Stillung mittels liqu. f. s. sind manchmal beide Füfse gelähmt und nach vorn extendiert.

Das Sitzen ist dem Tier unmöglich: das auf den Finger gesetzte Tier fällt nach hinten, manchmal nach vorn herunter. Die Sektion klärte letztere Erscheinung nicht auf. Nur eine starke Blutinfiltration des das Kleinhirn einschliefsenden Schädelknochens war in diesem Falle zu konstatieren.

9. Langsames Rückwärtsgehen des Tieres oder ein vollständiges „Zurückgeneigtsitzen“ mit fortwährendem Werfen des Kopfes oder des Schnabels, und rhythmischen Flügel- und Fufsbewegungen, sowie Umdrehungen um den Kopf wurden manchmal bei Blutungen und Stillungen mittels liqu. f. s. beobachtet.

10. Manchmal beobachtete man nach relativ unbedeutenden Läsionen der Kanäle eine starke allgemeine Unsicherheit oder Neigung zu Umdrehungen. In all diesen Fällen wurden bei Sektionen Blutungen in den Gehirnhäuten oder in der Gehirnsubstanz nachgewiesen. Die Bewegungsstörungen erreichen eine besondere Höhe beim Eindringen von liqu. f. s. in die Schädelhöhle.

11. Um den Einfluſs einer Schädeleröffnung auf die Bewegungen kennen zu lernen, wurden folgende Versuche angestellt: Mit einer Messerspitze wurde aus dem Schädelknochen über dem sagittalen Kanal ein Stückchen Knochen, ohne Verletzung der dura mater, ausgebrochen. Hierbei floſs eine geringe Menge cerebrospinaler Flüssigkeit ab. Die Tiere erlitten immer nur in ihrer Beweglichkeit eine kleine Einbufse.

12. Das den Horizontalkanal begleitende Blutgefäfs wird mit dem Thermokauter zerstört. Hierauf Herausbrechen eines Knochenstücks mit einer Pincette. In beiden Fällen trat bald vorübergehende Verdrehung des Kopfes nach der Seite der Läsion mit solcher Macht auf, daſs der Scheitel hierbei den Fufsboden berührte.

Folgerung. Aus den angeführten Beobachtungen ist ersichtlich, daſs die verschiedenen Bewegungsformen in enger Zusammengehörigkeit zu der Stärke der Reizung stehen. Bei schwächeren Reizungen beobachtet man nur ein Bestreben zu Umdrehungen nach irgend einer Seite hin, bei mäfsigen macht das Tier schon vollständige Umdrehungen um die Längsaxe, und bei sehr starken Reizungen führt es schon Zeigerdrehungen aus.

III.

Unreine Versuche infolge intralabyrinthärer Druckerhöhung durch Einspritzungen, Lufteinblasungen oder Einträufelungen chemischer Agentien in den äufseren Gehörgang[205]) und infolge Fortpflanzung der Entzündung von den benachbarten Teilen auf das Labyrinth.

Gleichgewichtsstörungen werden häufig in der otiatrischen Praxis bei der Luftdouche, beim Eingiefsen von Arzneien in den Gehörgang und beim Ausspritzen desselben beobachtet.

Dieses Material läfst sich leider zu wissenschaftlichen Erklärungen der im Labyrinth vor sich gehenden komplizierten physiologischen Prozesse nicht verwerten. Ebensowenig lassen sich auf Grund dieser Erscheinungen Thatsachen bestreiten, welche durch genaue experimentelle Methoden festgestellt sind. Deswegen dürften auch die hierher bezüglichen Baginskyschen[206]) Versuche nicht beweisend sein. Letzterer

[205]) Schmiedecam u. Hensen. Experimentelle Studien zur Physiologie des Gehörorgans. Arbeiten des Kieler physiolog. Institutes. 1868. Ref. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. VI, p. 164. 1873.

Einspritzungen von Wasser in den Gehörgang unter hohem Druck riefen Kopfschwindel, Ekelgefühl und sogar Erbrechen hervor. Die Ursache dieser Erscheinung schien den Autoren nicht in der Erhöhung des Druckes zu liegen, sondern sie schrieben sie einem vom ramus auricularis vagi ausgelösten Reflex zu.

Vulpian. Expériences relatives aux troubles de la motilité, produits par les lésions de l'appareil auditif. Comptes rendus. T. XCVI. 90—93. 1883.

Vulpian. Sur les phénomènes morbides qui se manifestent chez les lapins sous l'influence de l'introduction du chloral hydrate dans l'oreille. Comptes rendus. XCVI. 304—306. 1883.

V. beobachtete nach Einträufelung einer 20% Chloralhydratlösung ins Ohr von Tieren nach 12—15 Min. Zwangsbewegungen und Bewegungsstörungen. In diesem Falle breitete sich die Entzündung und Eiterung vom Mittelohr auf das Labyrinth aus.

[206]) B. Baginsky. Über die Schwindelerscheinungen nach Ohrverletzungen. Monatsber. der Berliner Akad. 1881. 42—47.

B. Baginsky. Über die Folgen von Drucksteigerung in der Paukenhöhle und die Funktion der Bogengänge. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1881. 201—235.

1. In die Paukenhöhle des Hundes wird Wasser von 9°—15° C. eingespritzt. Beide Augen bewegen sich nach unten aufsen oder innen bei vollständig symmetrischem Nystagmus. Gleichzeitig mit dem Nystagmus wird eine Wendung des Kopfes nach der der operierten entgegengesetzten Seite beobachtet; manchmal wird er um die sagittale und vertikale Axe gewendet, so dafs das operierte Ohr nach unten gerichtet ist. Die Intensität der beschriebenen Erscheinungen hängt direkt von der Kraft der Einspritzungen ab; je stärker der Druck, desto schärfer treten sie hervor.

Bei Einspritzungen unter einem geringen Druck blieben die Tiere am Leben. Bei sehr starken Einspritzungen gingen sie unter verschiedenartigen Symptomen am 2.—3. Tage zu Grunde; bald vollführten sie pendelartige Schwingungen, bald äufserten sie eine grofse Unruhe, bald schliefslich lagen sie regungslos auf der Erde mit gelähmten Extremitäten und hochgradiger Hyperästhesie. In diesen Fällen fand man bei der Sektion eitrige Entzündung des Gebirns und seiner Häute.

2. Einspritzen von Wasser von 37°—38° C. unter schwachem Druck hatte

spritzte in den Gehörgang von Hunden unter hohem Druck Wasser oder Kochsalzlösung von verschiedener Temperatur und verschiedenem Koncentrationsgrade ein, wodurch er eine Reihe von Bewegungsstörungen

---

keine Folgen. Mit Erhöhung des Druckes traten ebenfalls verschiedene Erscheinungen auf, aber sie erreichten niemals die Stärke der nach Einspritzungen von kaltem Wasser erreichten Symptome. Die Tiere blieben lange am Leben.

3. Beim Einspritzen von Kochsalzlösung hing die Stärke der Erscheinung von der Koncentration der Lösung ab. Je niedriger die Temperatur und je stärker die Lösung, desto schärfer die Erscheinungen. Die Tiere gingen zu Grunde.

4. Schwache Ammoniaklösungen, verdünnte Salzsäure, reines Glycerin und viele andere Stoffe bedingten noch stürmischere Erscheinungen, welche an demselben oder am nächsten Tage den Tod nach sich zogen. Einige Kaninchen drehten sich um ihre Längsaxe. Aufserdem wurde noch eine neue Erscheinung beobachtet: nämlich unkoordinierte Bewegungen der Augäpfel, so dafs das Auge der operierten Seite nach unten und innen und das andere nach oben und aufsen gerichtet war.

5. In das Ohr wird Luft eingeführt; das Resultat ist dasselbe wie beim Einspritzen von Wasser. Die Luft, welche durch die Aquädukte in die Schädelhöhle gedrungen war, rief Exophthalmus infolge von Emphysem hervor.

Alle angeführten Versuche berechtigen uns zu dem Schlusse, dafs die Bogengänge kein statisches Organ darstellen und dafs die an ihnen beobachteten Erscheinungen durch Verletzung des Centralnervensystems bedingt werden. Die Zerstörung des Labyrinths wird, so lange das Gehirn noch nicht verletzt ist, von keinen Bewegungsstörungen begleitet. Wenn jedoch der übrige Teil des Labyrinths berührt wurde, so traten unverzüglich stürmische Bewegungen ein. In diesen Fällen fand man im Gehirn stets Hämorrhagien und Entzündungsherde vor.

Dieser Abhandlung folgte eine Reihe kritischer Einwände seitens anderer Autoren. Aber ungeachtet dessen verblieb BAG. bei der Behauptung von der Richtigkeit seiner Experimentationsmethoden.

B. BAGINSKY. Zur Physiologie der Bogengänge. Arch. f. Anat. u. Physiol. p. 252—266. 1885.

Bemüht sich zu beweisen, dafs die HÖGYESschen Beobachtungen unrichtig sind. In der weiter angeführten Schrift dieses Autors findet BAG. Thatsachen, die seine Folgerungen bestätigen sollen.

B. BAGINSKY. Die Beziehungen des Baues des Labyrinths zur Funktion desselben. Congrès périodique international des sciences médicales. Copenhagen. 1886. Ref. Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 25, p. 138.

Wiederholung alter Sachen. Bemüht sich die Abhängigkeit der FLOURENSschen Erscheinungen von einer Gehirnverletzung zu beweisen.

B. BAGINSKY. Über den MENIÈREschen Symptomenkomplex. Vortrag, gehalten in der Gesellschaft für Heilkunde am 23. Febr. 1888. Berliner klinische Wochenschr. 1888. No. 45 u. 46. —

JACOBSON machte hinsichtlich der Arbeit BAG.'s 1881 eine Reihe wichtiger kritischer Bemerkungen, welche die Unrichtigkeit der Folgerungen dieses Autors beweisen. Diese Bemerkungen bewogen BAG., einige Rechtfertigungen und Erklärungen zu veröffentlichen.

BAGINSKY. Bemerkungen zu JACOBSONs Bericht vom 1. April 1881 bis April 1884. Archiv f. Ohrenh. XXII, p. 143—145.

B. führte eine Reihe klinischer Fälle an, in welchen auf den Zusammenhang

erzielte. Bei diesen Versuchen soll bei der Sektion konstatiert worden sein, dafs die Flüssigkeit aus der Paukenhöhle durch die Öffnung des runden Fensters in das Labyrinth eingedrungen war, von hier die Gehirnhäute erreicht und am Gehirn und den Meningen eine Reihe von Entzündungserscheinungen hervorgerufen habe. Auf Grund ähnlicher Versuche, welche ausgedehnte, keineswegs streng lokalisierte Verletzungen hervorrufen, bestreitet BAGINSKY, BÖTTCHER folgend, kategorisch jeden Zusammenhang zwischen den Bogengängen und den FLOURENSschen Erscheinungen. Eine derartige Massenverletzung des Gewebes konnte

---

zwischen anormalen Bewegungen und Gehirnaffektionen hingewiesen wird. Daran zweifelt aber niemand. Man sucht nur zu beweisen, dafs auch bei Intaktheit der Gehirncentren unkoordinierte Bewegungen seitens der Bogengänge hervorgerufen werden können. Wozu ein so hartnäckiges Bestreiten festgestellter Thatsachen?

LUCAE, der den Kopfschwindel bei Druckerhöhung im Ohr beobachtet hat, neigt sich teilweise zur Ansicht BAGINSKYs.

A. LUCAE. Über optischen Schwindel bei Druckerhöhung im Ohr. Berliner physiol. Gesell. Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1881. 193—197.

A. LUCAE. Über optischen Schwindel bei Druckerhöhung im Ohr. Arch. f. Ohrenheilkunde. Bd. 17. 237—245. 1881.

Einwand HÖGYES' (1881) gegen BAGINSKY.

H. hat bewiesen, dafs in allen Versuchen die Bewegungsstörungen von der Reizung der Elemente des Labyrinths und nicht der Gehirnteile abhingen. Zur Begründung seiner Meinung führte H. folgende Thatsachen an:

1. Indem man den Steigbügel in der eröffneten Paukenhöhle bewegte, oder wenn man den Boden der fossa mastoidea kratzte, gelang es, eine doppelseitige Bewegung der Augen hervorzurufen. In diesem Falle konnte gar keine Rede von einer Läsion des Gehirns sein.

2. Vielleicht waren die anormalen Bewegungen durch veränderten Druck der Cerebrospinalflüssigkeit infolge Druckerhöhung in der Paukenhöhle und im Labyrinth hervorgerufen. Um dies zu entscheiden, wurde folgender Versuch angestellt: Durch die eröffnete membrana obturatoria wurde in die fossa rhomboidea eine mit einem Kautschukschlauch versehene Glaspipette eingeführt, welche die fossa rhomboidea selbst nicht berührte. Durch Ansaugen der Cerebrospinalflüssigkeit mittels der Pipette oder Zudrücken des Schlauches *gelang es niemals,* einen Nystagmus der Augen oder pendelartige Bewegungen hervorzurufen.

3. Wenn die FLOURENSschen Erscheinungen durch Reizung des Nachhirns und nicht durch diejenige des Labyrinths hervorgerufen würden, so müfsten sie nach Exstirpation des letzteren beim Einspritzen von Flüssigkeit in die Paukenhöhle auch auftreten. Zu diesem Zwecke wurde der Vorhof von der Seite der fossa mastoidea (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden) eröffnet, worauf man die membranösen Teile entfernte. Die Überreste wurden mit acid. nitr. dil. vernichtet. Wenn man nun einem auf diese Weise operierten Kaninchen nach der Methode BAG.s verschiedenerlei Lösungen in die Paukenhöhle einspritzte, so traten *keine von den erwähnten Erscheinungen von Kopfschwindel* auf.

Aus den angeführten Versuchen ist man zu folgendem, positivem Schlusse berechtigt: *Jeder* infolge Druckerhöhung innerhalb der Paukenhöhle auftretende Kopfschwindel wird durch Reizung der Vorhofsendigungen des n. acusticus hervorgerufen. Folglich sind die Folgerungen BAG.s u. LUCAEs unrichtig.

eigentlich nur in früheren Zeiten, vor Flourens, als wissenschaftliche Methoden möglichst reiner Experimentation noch nicht bekannt waren, zu wissenschaftlichen Zwecken statthaft sein.

In Anbetracht der oben besprochenen Komplikationen begann man die Erscheinungen, welche infolge der Läsion der Bogengänge auftreten, von denen, die bei gleichzeitiger Verletzung der benachbarten Teile vorkommen, streng abzuscheiden. Die ersteren nannte Goltz (1870) *ursprüngliche*, die letzteren *abgeleitete* Erscheinungen.

Man unterwarf nun die anormalen Bewegungen einer genaueren Untersuchung und schenkte der Reihenfolge der konsekutiven Symptome ganz besondere Aufmerksamkeit. *)

Zu den ursprünglichen Erscheinungen zählte Böttcher**) nur die pendelartigen Schwingungen des Kopfes, und zu den abgeleiteten alles übrige: wie Manègebewegungen, Umdrehungen um die Längsaxe, Zeiger-

---

*) Cyon u. Solucha (1873) teilten alle Bewegungsstörungen in drei Gruppen ein:

I. Gruppe: Gleichgewichtsstörungen als direkte Folge der vorgenommenen Verletzung: Ausspreizen der Füfse, Notwendigkeit eines dritten Stützpunktes, Unvermögen auf einer glatten Diele trotz dreier Stützpunkte zu stehen u. s. w.

Diese Erscheinungen sind auch dann zu verzeichnen, wenn die Muskeln nicht durchgeschnitten worden sind, wenn keine Blutung oder Verletzung des Kleinhirns stattgefunden hat, u. s. w. Die einer gewissen Regelmäfsigkeit unterworfenen Kopfbewegungen lassen keinen Zweifel darüber obwalten, dafs die Bogengänge mit gewissen räumlichen Vorstellungen und Empfindungen in Beziehung stehen.

II. Gruppe: Zwangsbewegungen als Folge der dabei durch abnorme Gehörssensationen entstehenden Reizungen, welche sogleich nach der Operation auftraten, und die pendel- und schraubenartigen Bewegungen des Kopfes, Manègebewegungen, Umdrehungen, Überschlagen u. s. w. in den folgenden Tagen. Die aufgezählten Erscheinungen stellen keine Gleichgewichtsstörung dar, da sie den Charakter von Krämpfen tragen; so ist z. B. das Überschlagen nicht die Folge von einer Gleichgewichtsstörung, sondern von krampfhaften Bewegungen, welche durch irgend eine Reizung hervorgerufen werden.

III. Gruppe: alle infolge der einige Tage nach der Operation sich einstellenden Entzündung des Kleinhirns hervorgerufenen Folgeerscheinungen (gewöhnlich am 3.—4. Tage): das Aufstützen mit dem Kopfe auf den Fufsboden, die unregelmäfsigen Bewegungen, welche das Tier nach der Ruhepause macht etc.

**) Böttcher 1874.

1. Kopfverdrehungen wurden bei einseitiger Operation dann beobachtet, wenn eine tiefe Verletzung beigebracht oder mehrere Kanäle zerstört waren. Bei vorsichtigen Manipulationen tritt diese Erscheinung niemals auf. Daraus kann man den Schlufs ziehen, dafs die Kopfverdrehungen nicht als direkte Folge des Durchschneidens der Kanäle anzusehen sind. Diese anormale Lage des Kopfes entwickelt sich innerhalb 3—8 Tagen nach der Operation. In manchen Fällen entwickeln sich die Kopfverdrehungen plötzlich lange Zeit nach der Operation. In diesen Fällen wurden fast immer im Kleinhirn und im Nachhirn Extravasate konstatiert.

2. Umdrehungen wurden durch dieselbe Ursache bedingt.

3. Pendelartige Bewegungen zeigen sich als vorübergehende und inkonstante Erscheinung, welche manchmal selbst nach doppelseitigem Durchschneiden ausbleibt. Mit den Kopfverdrehungen verschwinden die pendelartigen Schwingungen.

drehungen, Überschlagen u. s. w. Einige Autoren schlossen sich dieser Ansicht an, während andere eine entgegengesetzte vertraten, indem sie zu beweisen suchten, dafs bei vorsichtiger, lokalisierter Läsion der Kanäle ebensolche Bewegungsstörungen beobachtet werden, wie nach der Läsion des Gehirns. Der Unterschied zwischen diesen und jenen bestände darin, dafs bei einseitiger Läsion der Kanäle die Symptome weniger lang, beständig und scharf wären.

Die Stärke der Folgeerscheinungen wird nicht im mindesten von der Methode, nach welcher die Kanäle lädiert sind, beeinflufst, da nach verhältnismäfsig geringen Verletzungen sehr stürmische Folgeerscheinungen eintreten können. Von grofsem Einflufs auf dieselben ist nach Verfassers Meinung der Grad der Verunreinigung der Wunde. Die Reihenfolge der Folgeerscheinungen wird auch nicht durch den gereizten Kanal oder die Stelle der Reizung hervorgerufen. Man kann selbstredend niemals den Weg vorher bestimmen, den die Entzündung zu diesen oder jenen Teilen des Gehirns oder seiner Häute einschlagen wird, wie man denn bei Sektionen nicht selten auch metastatische Abscesse vorfindet. In den meisten Fällen bildet sich nach einer Reihe von Zwangsbewegungen allmählich eine Zwangsstellung des Kopfes heraus. Gewöhnlich, am 4.—5. Tage nach der Operation, wurde bemerkt, dafs der Kopf der Taube infolge Drehung des Halses um 180° eine anormale Lage annahm, so zwar, dafs der Schnabel nach oben und hinten gerichtet war und der Scheitel den Fufsboden berührte. Die Stärke und Dauer dieser *Kopfverdrehung* ist grofsen Variationen unterworfen und hängt von der Grösse der pathologischen Veränderungen im Kleinhirn ab.*)

---

*) SPAMER (1880) p. 545—554.

Bestätigte durch seine sehr genauen und sorgfältigen Beobachtungen die Folgerungen GOLTZ', CYONs, SOLUCHAs und BOETTCHERs.

1. Erscheinungen in den ersten 2—3 Tagen nach der Operation: Nach einfacher einseitiger Läsion konnten die Tauben ihre Nahrung selbst nehmen. Nach einer zweiseitigen mufste man sie im Laufe von Wochen und Monaten künstlich füttern. Mit Mühe gelang es dem Tiere, die Erbsen und das Wassergefäfs mit dem Schnabel zu treffen. Nach Verlauf vieler Monate, als die Tauben schon ganz gut laufen und fliegen konnten, zeichneten sich ihre Bewegungen beim Essen doch nicht durch besondere Geschicklichkeit aus. Nach bedeutenderen Läsionen traten Kopfverdrehungen ein.

2. Der Flug war nach einem eingreifenden Trauma nach einigen Tagen hergestellt, wobei er sich jedoch durch lange Dauer nicht auszeichnete. Drehungen während des Fluges nach der Seite der Wunde waren mit jedem Tage deutlicher, so dafs zum Schlufs die Taube Kreise zu beschreiben begann, sich an die umgebenden Gegenstände stofsend. Nach abwechselndem Verschlufs des einen oder des anderen Auges konnte man sich überzeugen, dafs das Sehvermögen der Taube nicht gelitten hatte. Demzufolge läfst sich annehmen, dafs das fortwährende Anstofsen an die Gegenstände durch ungeschickte Körperlenkung des Tieres bedingt wurde. Alle beschriebenen Erscheinungen, die durch eine leichte Läsion der Kanäle hervorgerufen sind, verschwinden nach einigen Tagen. Nach gröfseren Verletzungen

Breuer (1874, 1890) und Spamer (1884) sind entgegengesetzter Ansicht: sie halten die Kopfverdrehungen für ein Symptom der Reizung des Labyrinths selbst, trotz einer Läsion oder Erkrankung der benachbarten Teile.

---

verbleibt das Bestreben zu Wendungen und zu Manègebewegungen nach der Seite der Läsion. Letztere Erscheinungen werden ganz besonders während der Fortbewegung des Tieres bemerkbar.

3. Das Laufen in den ersten 2—3 Tagen: Während des Laufens werden grofse Kreise beschrieben. Allmählich werden sie kleiner und am 4. u. 5. Tage machen die Tiere Umdrehungen um die auf dem Fufsboden aufgestützte Brust. Endlich können die Kreisbewegungen so schwach werden, dafs das Tier im stande ist, sich geradlinig fortzubewegen. Viel später stellen sich Zeigerdrehungen ein.

4. Drehungen um die Längsaxe des Rumpfes werden auch nach reinen Operationen beobachtet. Als Folgeerscheinung traten sie gewöhnlich am 4. Tage ein und fielen mit den Kopfverdrehungen zusammen. Es kommen bis 20 Umdrehungen der Reihe nach vor. Nach einer unreinen Operation können die Umwälzungen sogleich, nachdem man die Taube aus den Händen gelassen hat, eintreten. In diesem Falle dreht sich das Tier mit auf den Fufsboden aufgestützter Brust im Laufe von 10 Minuten. Zuweilen überschlägt es sich nach hinten. In allen derartigen Versuchen tritt nach Aufhören der Umdrehungen immer Kopfverdrehung ein.

5. Stellung des Rumpfes: Nach reinen Versuchen tritt am 4., 5. oder 6. Tage Überhängen des Rumpfes nach der einen Seite infolge seiner Umdrehung um die Längsaxe ein. Anfangs ist es schwach ausgedrückt, aber später tritt es scharf hervor. Dieses Überhängen wird sowohl während des Ruhezustandes, als auch während der Fortbewegung beobachtet. Nach unreinen Versuchen tritt diese anormale Stellung sogleich und unmittelbar nach der Operation ein. Die Bewegungen des Fufses und der Zehen der operierten Seite zeichnen sich nicht durch die gewöhnliche Geschicklichkeit aus. Dabei kann man an ihnen keine besondere Schwäche bemerken, da die Zehen einen Finger mit gleicher Kraft umspannen. Nur in 2, nicht reinen, Fällen war ein Fufs nach 8—9 Tagen vollständig gelähmt. An den Tieren wurden 1—2 Tage vor der Lähmung starke Umdrehungen, welche mit Kopfverdrehungen abwechselten, beobachtet.

6. Stellung des Kopfes: Kopfverdrehungen, richtiger „Halsdrehungen“ stellen eine selbständige Erscheinung in Gestalt eines tonischen und klonischen Krampfes dar. Jede Aufregung des Tieres ruft diese krampfhafte Bewegung hervor. Die Erscheinung selbst besteht in folgendem: Der Kopf des Tieres dreht sich um die Längsaxe, immer mit dem Nacken nach der operierten Seite hin, sodafs der Schnabel nach der gesunden Seite gerichtet ist. In leichten Fällen macht er eine Umdrehung von $^1/_4$ Kreis. In der Mehrzahl der Fälle beschreibt der Kopf einen Halbkreis, und ist der Schnabel nach oben gerichtet. Dabei berührt der Rücken nicht selten den Fufsboden. In dieser Stellung verharren die Tiere regungslos manchmal länger als 5 Minuten. Der Kopf liegt oft der Brust an der *operierten* Seite an. Manchmal ist auch der Schwanz nach dieser Seite gerichtet, so dafs der Körper eingebogen erscheint. Wenn das Tier in Ruhe gelassen ist, so nimmt der Kopf wieder seine normale Lage ein, und die Taube beginnt zu gehen, anfangs Kreise beschreibend. Nach einigen Schritten erfolgt auf einige Sekunden eine Kopfverdrehung augenscheinlich ohne jegliche äufsere Ursache. Manchmal drehen sich die Tiere nach der gesunden Seite, und in diesen Fällen machen sie vollkommen freie Bewegungen nach allen möglichen Richtungen, wie normale Tiere, d. h. sie putzen mit dem Schnabel die Federn auf der linken und der rechten Seite. Jedes Antreiben zieht Kopfverdrehung nach sich. Nicht selten fliegen die Vögel auf $^1/_2$ m in die Höhe,

SPAMER schlägt vor, die Kopfverdrehungen, welche nach der Läsion des Labyrinths auftreten, „primäre“ zu nennen, zum Unterschiede von den „sekundären“, welche durch die konsekutiven Veränderungen in den mit der Wunde benachbarten Teilen hervorgerufen sind.

---

indem sie Kreise beschreiben. Bei einigen Tieren beobachtet man am 8., 9. oder 10 Tage Umdrehungen um die Längsaxe des Körpers neben Kopfverdrehungen. In diesem Falle kann die Taube nur einige kleine Schritte machen, und vom Finger fällt sie wie ein toter Körper. In allen den letzteren Fällen konnten bei der Section Veränderungen in den Schädelknochen und im Gehirn festgestellt werden. Der Ausgang war immer ein letaler. Sehr selten kommen Verdrehungen gleich nach der Operation vor. In diesen Fällen dauert die krampfhafte Zusammenziehung eine oder mehrere Sekunden. Gewöhnlich jedoch tritt die Verdrehung als Folgeerscheinung einige Tage nach dem Versuch auf, dauert dann minuten-, bis tagelang. Sie verschwand bei den Tieren niemals, selbst nicht nach einem halben Jahre. Bei den meisten operierten Tauben trat die Kopfverdrehung gewöhnlich am 6. Tage, aber nie später als am 7. Tage auf. Selten erschien sie am 2.—3. Tage. In letzterem Falle war eine starke Blutung mit ferr. sesqu. ($1^1/_2\,\%$) gestillt, oder die Kanäle waren mit dem Thermokauter zerstört worden. Kein Fall, in welchem die Kopfverdrehungen vor dem 6. Tage beobachtet wurden, kann als reiner Versuch gelten, da man dabei immer eine Veränderung des Kleinhirns konstatierte.

Somit werden die Kopfverdrehungen in diesen Fällen nicht durch Läsion der Bogengänge hervorgerufen und müssen zur Gruppe der bei diesen Versuchen beobachteten sekundären Erscheinungen gerechnet werden.

Als Bestätigung der Thatsache, dafs die Kopfverdrehungen durch Reizung des Vorhofs hervorgerufen werden, führt BREUER folgendes an:

1. Nach beiderseitiger Exstirpation des Vorhofs mit nachfolgender Plombierung der Höhle (nach EWALD) kommen keine Kopfverdrehungen vor.

2. Wenn man die Taube in die Hand nimmt und sie allmählich um die Längsaxe des Körpers dreht, so behält das Tier doch den Kopf in der normalen Lage. Bei nach oben gekehrtem Bauche wendet sich der Hals auf 180°, wobei der Scheitel zum Bauch und der Schnabel zum Rücken gewendet ist.

3. Die Verdrehung wird nicht durch eine Kontraktur bedingt; denn sie verschwindet in der Narkose. Die Abwesenheit von Atrophie in den PURKINJEschen Zellen, die von SPAMER, EXNER und OBERSTEINER im Gegensatz zu STEFANI erwiesen sind, schliefst jede Beteiligung des Kleinhirns an diesem Prozesse aus.

4. Die Versuche BAGINSKYs haben gezeigt, dafs bei Hunden eine längere Schiefstellung des Kopfes ohne Läsion des Gehirns eintreten kann.

Demgemäfs mufs man die Kopfverdrehungen in direkte Abhängigkeit von der Reizung einiger Teile des Labyrinths bringen.

BORNHARDT (p. 754) behauptet, ohne die Gründe hierfür anzuführen, dafs die durch Kleinhirnaffektionen bedingten Drehungen sich durch ihre Beständigkeit auszeichnen, während die von den Bogengängen bedingten blofs eine vorübergehende Erscheinung nach sich ziehen und nur bei starken Reizungen auftreten. Nach dem Durchschneiden der horiz. Kanäle wird der Kopf nur so weit zur Seite gedreht, dafs der Schnabel zum Schwanz gerichtet ist, während er nach der Durchtrennung beider hinteren front. sich so weit nach unten biegt, dafs er mit dem Scheitel den Boden berührt.

In den Versuchen SPAMERs (p. 568) traten die Kopfdrehungen während des Elektrisierens in dem Moment ein, als der Draht den Kanal durchschnitt, oder

Breuer erklärt die Kopfverdrehung als Folge der Reizung ausschliefslich nur des *Vorhofs* aus dem Grunde, weil sie auch bei einer isolierten Läsion dieses Teils des Labyrinths beobachtet wird. Manchmal kann die Verdrehung bei vorsichtiger zweiseitiger Exstirpation des Vorhofs wegbleiben. In anderen Fällen wird der Kopf nach einer beliebigen Seite verdreht; die letztere Erscheinung hängt wahrscheinlich von der äufseren Reizung des Gehörnerven auf der einen Seite ab.

Hinsichtlich der Erscheinung des *Erbrechens*, welches nach dem Durchschneiden der Kanäle beobachtet wird, ist man bis jetzt noch unschlüssig, ob man dasselbe zu den primären oder zu sekundären Erscheinungen zählen soll, da das Erbrechen unbeständig ist und bei Läsion einer bestimmten Stelle der Kanäle nicht beobachtet wird.*)

---

nach sehr starkem Gebrauch von liqu. ferr. sesqu. oder infolge von Wärmeeinwirkung. In diesen Fällen hatten die Erscheinungen einen offenbar krampfhaften Charakter. Nach einer einseitigen Operation ging die Kopfdrehung nach der Seite der Läsion vor sich, und nach zweiseitigen, ganz gleichen Manipulationen stellte sich ein einfaches Senken des Schnabels auf die Brust ein, manchmal bis zur vollständigen Berührung mit derselben: bisweilen berührte auch der Scheitel die Brust.

Bei manchen Tieren berührt der Scheitel trotz der Kopfverdrehung den Fufsboden nicht.

Durch diese Beobachtung wird die Richtigkeit der Bemerkung BREUERs bewiesen, dafs die Veränderung der Haltung des Kopfes nicht durch das Bedürfnis, einen neuen Stützpunkt zu finden, hervorgerufen ist. Dieser Zweck würde einfach durch Aufstützen des Schnabels oder des Schwanzes auf den Fufsboden erreicht sein.

In einigen Fällen, in denen man während einiger Tage blofs einfaches Senken des Scheitels beobachtete, traten schliefslich Kopfverdrehungen doch noch auf.

Es gelang nicht immer mikroskopische Veränderungen zu konstatieren. Folglich kann man für die primären Kopfdrehungen die Ursache nicht in einer Läsion des Gehirns suchen. Sie wurden auch in den Fällen beobachtet, in denen Nebenverletzungen absolut ausgeschlossen waren.

*) CZERMAK (1866) beobachtete zuerst Erbrechen nach Verletzung der Kanäle an 5 von 9 operierten Tauben. Deswegen sieht CZ. dieses Symptom für eine konstante, infolge von Durchtrennung der Kanäle hervorgerufene, und für keine zufällige Erscheinung an.

Erwiderung LÖWENBERGs (1873).

L. hatte blofs einmal Gelegenheit, Erbrechen bei einer Taube zu beobachten. Bei der Sektion zeigte sich eine Läsion des Kleinhirns. Aus diesem Grunde bringt L. das Erbrechen in Zusammenhang mit einer Läsion des Kleinhirns auch in den Fällen CZERMAKs. Er bestreitet die Möglichkeit einer Verletzung des Kleinhirns bei sorgfältigem Durchschneiden des horiz. und kleinen vertik. Kanals (front.), bei Verletzung des sagittalen Kanals würde unbedingt das Gehirn verletzt.

Mit L. sind CYON und SOLUCHA gleicher Ansicht: sie beobachteten Erbrechen bei Läsion des oberen vertik. Kanals. CZERMAKs Ansicht teilen: BOETTCHER, BERTHOLD, BORNHARDT und BREUER.

A. BOETTCHER (1874).

p. 57. „Dagegen will ich nicht unterlassen, eine Angabe über den Erfolg der Operation zu berichtigen. Das Erbrechen soll, wie CYON behauptet und schon

Wirkung der Narkose auf die Stärke der Bewegungsstörungen.

Hinsichtlich der Wirkung der Narkose auf die Bewegungsstörungen ist bis jetzt noch sehr wenig bekannt.*) Und doch müfste man hierauf eine gröfsere Aufmerksamkeit wenden, als bis jetzt der Fall gewesen, da man unter Umständen in der Narkose gerade dort ein negatives Resultat erhalten kann, wo man ohne Narkose ein positives erhalten würde. Aus den Beobachtungen LÖWENBERGS und BECHTEREWS geht hervor, dafs die anormalen Bewegungen in der Chloroformnarkose schwächer sind.**)

LÖWENBERG gefunden haben, immer von Kleinhirnverletzungen abhängen. Das kann ich nicht zugeben. Es erfolgt, wie ich gezeigt habe, am häufigsten nach Durchschneidung der beiden kurzen Schenkel des von den oberflächlichen Bogengängen gebildeten Kreuzes (der hintere Schenkel des horizontalen Bogengangs, oder der untere des äufsern vertikalen, oder beide zugleich). Ich habe es in Fällen beobachtet, von denen einer völlig in Heilung und zwar in sehr kurzer Zeit auslief (XV), und von denen andere nicht die Störungen darboten, welche auf eine direkte Verletzung des Kleinhirns folgen (X, XIII), abgesehen davon, dafs letztere bei der Durchschneidung der beiden oberflächlichen Bogengänge leicht vermieden werden kann und von mir bestimmt vermieden worden ist. Von CYON wird nicht gesagt, ob er den horizontalen Bogengang hinter der Kreuzung und den äufsern vertikalen unterhalb derselben getrennt habe. Die Beobachtung CZERMAKs bleibt also zu Recht bestehen."

E. BERTHOLD (1874).

Beobachtete niemals Manègebewegungen nach einer Verletzung der Kanäle, hatte aber Gelegenheit, Erbrechen nach der Operation ohne jegliche Verletzung des Kleinhirns zu beobachten. Augenscheinlich tritt das Erbrechen bei Tauben ein, wenn man sie bei der Operation stärker drückt. Hinsichtlich der Hunde ist es bekannt, dafs sie dem Erbrechen sehr unterworfen sind. Unternommene Kontrollversuche mit Läsion des Gehirns führten zu einem negativen Resultat, ein Beweis für die Unrichtigkeit der Beobachtungen LÖWENBERGs, CYONs, SCHKLAREWSKYs.

BORNHARDT hat Erbrechen beobachtet.

BREUER (1875), p. 100. Bei einseitiger Exstirpation des häutigen Vorhofs erfolgte Erbrechen in einem Falle.

MATTE (l. c.) beobachtete auch 3 mal Erbrechen.

*) E. HARLESS (1853) war der erste, welcher bei Durchtrennung der Bogengänge bei Tauben sich der Äthernarkose bediente. Nach dem Erwachen wurden Erscheinungen von Bewegungsstörungen beobachtet.

**) LÖWENBERG (1873) wandte Chloroform zur Narkose an; es genügen schon einige Tropfen, um den Kopf zum Herunterhängen zu bringen. Beim Chloroformieren mufs man mit grofser Vorsicht zu Werke gehen, da die Vögel die Chloroformnarkose sehr schlecht vertragen und dabei leicht zu Grunde gehen. Es erwies sich, dafs, nachdem die Tiere aus der Narkose erwachten, die Erscheinungen weniger prägnant waren und dafs sie *durch ihre kurze Dauer auffielen.*

Es scheint demnach angezeigt zu sein, das Durchschneiden selbst ohne Narkose vorzunehmen, weil mit der Einführung eines neuen, unbekannten Faktors der ohnehin schon verwickelte Symptomenkomplex sich noch komplizierter gestaltet.

Ist das Durchschneiden der Bogengänge mit Schmerzempfindung verbunden oder nicht?

Flourens sagt, dafs das Durchschneiden eines jeden Kanals von einem scharfen Schmerz (douleur aiguë) begleitet werde, welcher starke, stürmische Bewegungen hervorriefe. Andere Beweise für die Schmerz-

---

E. BERTHOLD (1874).

Wenn die Chloroformnarkose nicht besonders tief ist, so erscheinen während derselben beim Durchschneiden der Bogengänge pendelartige Schwingungen des Kopfes.

BREUER (1874).

Bei den Versuchen an den Kanälen mufs man möglichst geringe Verletzungen zufügen und die Tiere narkotisieren. Wenn der Schnitt während einer tiefen Narkose vorgenommen wird, so reagiert das Tier entweder gar nicht, oder macht mit dem Kopfe kurzdauernde Bewegungen. Nach dem Erwachen bleiben die sich selbst überlassenen Tauben in Ruhe; Bewegungen treten nur nach Berührung des häutigen Kanals auf. Ein derartiger Zustand des Tieres begünstigt ungemein die Ausführung der Beobachtungen. In *tiefer* Narkose verschwinden bei Tauben die pendelartigen Schwingungen.

Das Durchschneiden der Kanäle zieht eine kurzdauernde Kopfbewegung nach sich, oder es bleibt die Reaktion ganz aus. Eine tiefe Äthernarkose vertragen die Tauben sehr gut (p. 89).

BORNHARDT (1875).

Das Tier, welches sich in einer so tiefen Narkose befand, dafs ein Nadelstich in den Fufs keinerlei Reflexe hervorrief, reagierte auf Berührung der häutigen Kanäle mit einer Nadel.

BECHTEREW (1882).

Schon bei Anwendung *des Chloroforms* bei Vornahme der Operation am n. acusticus bemerkte er, dafs die Bewegungen des Tieres sich erst gegen das Ende der Narkose hin äufsern; zu allererst tritt ein verstärkter Nystagmus auf, welchem nach geringer Zeit Zwangsbewegungen um die Längsaxe des Körpers folgen. Die Augenablenkung und die besonderen Stellungen des Kopfes und des Rumpfes äufsern sich schon vom Augenblick des Durchschneidens des Nerven selbst ab, wenn das Tier sich noch in tiefer Narkose befand. B. chloroformierte bereits operierte Tiere, bei denen die rotierenden Zwangsbewegungen mit grofser Stärke sich äufserten. Jedesmal wurde mit der Narkose das Bestreben zu Umdrehungen allmählich schwächer, und schliefslich hörten die Umdrehungen vollständig auf. Bei tiefer Narkose verschwand gewöhnlich auch der Nystagmus der Augen. Bei Seitenhaltung des Kopfes verblieben jedoch die Augenablenkung und die Verdrehungen des Rumpfes, sowie die extendierte Stellung der entgegengesetzten Extremitäten, wobei das Tier die ganze Zeit auch die Lage auf der, der Seite des durchschnittenen Nerven entsprechenden Seite beibehielt.

empfindung des Tieres hat er nicht angeführt.*) Löwenberg (1873) hält diese Bewegungen für rein reflektorischer Natur, weil sie auch nach Entfernung der Gehirnhemisphären und in der Chloroformnarkose auftreten. Gegen eine derartige kategorische Behauptung wendet sich Breuer (1874), indem er sich auf seine Versuche an Hühnern beruft. Dieselben stiefsen bei Verletzung des utriculus und der Ampulle einen Schrei aus. Dies kann man nicht als eine Zufälligkeit ansehen. Wir sehen hieraus, dafs auch diese Frage noch in suspensu gelassen werden mufs.

Bleibt das Gehör nach dem Durchschneiden der Kanäle erhalten oder nicht?

Nach Flourens war das Gehör nach der Durchschneidung der Bogengänge nicht geschwächt; es war im Gegenteil bis zur Schmerzhaftigkeit verschärft, so dafs die Tiere bei Schallvorgängen augenscheinlich litten. Auf welche Weise sich Flourens**) hiervon überzeugen konnte, sagt er nicht. Seine Ansicht teilten auch einige andere Forscher, jedoch auch ohne Beweise anzuführen.

---

*) Einwand E. Machs (1875).

p. 44. „Ob die Reizung dieser Nerven Schmerz verursacht, läfst sich nach den Angaben von FLOURENS schwer entscheiden, da er nicht angibt, wodurch die Tiere den Schmerz äufsern. Die heftigen Bewegungen und das Sträuben können ganz andere Ursachen haben. Sind Schmerzen vorhanden, so können diese auch von andern Nerven herrühren als denjenigen, welche die Bewegungserscheinungen anregen. Die natürlichste Annahme ist die, dafs diese Nerven vermöge ihrer spezifischen Energie gereizt Bewegungsempfindungen erregen. Wir sehen auch, dafs FLOURENS, obwohl er hierauf nicht eingeht und sogar eher an schmerzhaft erhöhte Empfindlichkeit des Gehörs denkt, kein besseres Bild zur Beschreibung der Erscheinungen findet, als den Drehschwindel."

**) p. 443. „A chacune de ces sections, l'animal parut souffrir beaucoup; et il survint de plus un phénomène si singulier, qu'à cause de sa singularité même, et pour ne point interrompre d'ailleurs l'histoire de l'audition, j'ai cru devoir le décrire à part.

„Les canaux semi-circulaires étant rompus, non seulement l'animal entendait encore, mais il paraissait souffrir lorsqu'il entendait. Évidemment, le bruit l'agitait et l'importunait; l'audition semblait même plus vive, ou du moins l'animal en exprimait plus vivement les signes, à cause sans doute de la souffrance qu'il ressentait à l'occasion du bruit."

Claude Bernard (1867, p. 169). Nach Ausreifsen des Gesichtsnerven verlor sich das Gehör nicht, aber es ist nicht ausgeschlossen, dafs es sich veränderte. Facialislähmung beim Menschen zieht keine Störung der Gehörfunktion nach sich. (Neuere klinische Beobachtungen am Menschen haben ergeben, dafs bei Facialislähmung eine Gehörabnahme doch statfindet. Ref.) (Auch Hyperacusis dolorosa. Herausg.)

Bloch (1873). Am Tage der Operation reagierte die Taube auf das stärkste

Die Cyonschen Tauben (1878), bei welchen die häutigen Bogengänge entfernt waren (Ewald wiederholte diese Versuche, gab aber eine andere Erklärung S. 237), reagierten sehr stark auf alle Geräusche, weshalb er vorschlägt, den Gehörnerven nervus vestibulo-cochlearis zu nennen.

Um dieser Frage näher zu treten, führte Verfasser folgenden Versuch aus. Bei einem Meerschweinchen wurde der Bogengang mittels eines Nadelstiches eröffnet, wonach unverzüglich Manègebewegungen eintraten. Als das Tier sich wieder beruhigt hatte, schlug v. Stein verschiedene Stimmgabeln an. Bei starken, hohen Tönen, nahe am Ohr, erneuerten sich die Zwangsbewegungen. Scheinbar wäre hieraus der Schluſs berechtigt, daſs Schallempfindungen in den Kanälen anormale Bewegungen hervorrufen. Gegen eine solche Schlufsfolgerung spricht jedoch folgender Umstand: Bei starken Tönen drückt nämlich der m. tensor tympani, sich kontrahierend, den Steigbügel in das Labyrinth hinein und erzeugt hierdurch im Bogengang eine Endolymphströmung in der Richtung zur Stichöffnung, durch welche der Endapparat der entsprechenden Ampulle gereizt wird. Der Versuch wird somit nur dann vollgültig sein, wenn, nachdem man diesen Muskel durchgeschnitten oder gelähmt hat, auch dann noch auf Töne anormale Bewegungen auftreten.

Die Versuche Bechterews*) mit der Durchtrennung des Gehör-

Geräusch nicht. Am folgenden Tage traten auf geringste Geräusche hin schwingende Bewegungen auf; es genügte z. B. ein kurzes Zusammenschlagen der Hände, um dieselben hervorzurufen. In der Folge rief jedes Händeklatschen nur einfaches Zusammenzucken des Körpers hervor.

H. Curschmann 1874, 17. Januar.

„Daraus, daſs nach Entfernung der Kanäle die Hörfähigkeit nicht wesentlich alteriert scheint, läſst sich nicht schlieſsen, daſs sie ohne Beziehung zum Gehör sind. Letzteres ist im Gegenteil aus anatomischen wie physiologischen Gründen sehr unwahrscheinlich."

A. Berthold 1874, 19. Juni, p. 82.

„Ihr (der Tauben) Gehör ist unversehrt, ihre Aufmerksamkeit auf die Umgebung scheint gesteigert."

Bornhardt (1875).

Nach der Ätherisation der horiz. knöchernen Kanäle beobachtet man am folgenden Tage Symptome, welche an diejenigen nach dem Durchschneiden derselben Kanäle erinnern: Werfen des Kopfes, welches auch den Rumpf nach sich zieht, Aufstützen auf den Schwanz und Manègebewegungen nach beiden Seiten hin. Diese Bewegungen werden auch durch den Schall hervorgerufen.

*) Bechterew (1882). „Wir haben gesehen, daſs das Tier mit durchschnittenen Gehörnerven, ja selbst nach Zerstörung der Gehirnhemisphären auf jeden unerwarteten Schall mit Umdrehungen um die Körperaxe in der Richtung zur operierten Seite hin reagiert. Es unterliegt keinem Zweifel, daſs die Wirkung der Schallreizung nur mit Hilfe des unverletzten Gehörnerven geschehen kann; die einzige Erklärung, welche wir für die hier vorliegende Erscheinung geben können, ist, daſs der Schall, auf diesem oder jenem Wege die Kanäle der gesunden Seite

nervenstammes lösen diese Frage auch nicht. B. konstatierte, dafs bei einseitiger Operation jeder plötzliche Schall Umdrehungen des operierten Hundes um seine Längsaxe nach der Seite der Läsion hin nach sich zog. Im gegebenen Falle kann man auch vermuten, dafs der Schall durch Vermittelung des gesunden Ohres, welches gereizt wird, die Zwangsbewegungen hervorgerufen hat.

---

erreichend, sie zur Thätigkeit reizt und, da normale Erreger in den Kanälen der operierten Seite fehlen, Symptome von Umdrehungen um die Körperaxe hervorruft."

p. 139. HENSEN (1888) sagt hinsichtlich des Gehörs nach Zerstörung der Bogengänge folgendes:

„Ob nicht in letzterem Fall die mechanischen Bedingungen des Hörens so verändert worden sind, dafs kein Schall mehr in das Labyrinth dringen kann, oder ob anderseits im ersteren Fall durch Entzündung empfindlich gewordene Teile eine Schallerregung vortäuschen, dürfte noch nicht ganz sichergestellt sein."

p. 142. „Dabei ist es gleichgültig, ob die gesetzten Empfindungen Geräusche sind oder sonst peinliche Gefühle. Jedenfalls scheint es notwendig, eine Beziehung zwischen gewissen Muskelgruppen und den Ampullennerven anzunehmen."

FANO und MASINI (1891) sind der Meinung, dafs die Bogengänge nur das Gehör bestimmt sind. Da nach Entfernung der *Schnecke Gleichgewichtsstörungen* beobachtet wurden, so kommen sie zu dem Schlufs, dafs man keinen Funktionsunterschied zwischen ramus vestibularis und ramus cochlearis aufstellen kann. (Da auf die Operationsmethode nicht hingewiesen wird, so dürfte es angezeigt sein, vorläufig derartigen Behauptungen gegenüber mit grofser Vorsicht sich zu verhalten. Ref.)

CYON 1878 p. 125. „Folglich ist zur Lösung der Frage, ob das Gehör nach Unterbrechung der Funktionen der Bogengänge bestehen bleibt, die Durchschneidung derselben nicht ausreichend. Dieselben müssen zu diesem Zweck vollständig zerstört werden. Ich führte einigemal diese Operation aus, indem ich die häutigen Kanäle mit den Ampullen durch in den Knochenkanälen angelegte Öffnungen hindurch extrahierte. Danach reagieren die operierten Tauben, sobald sie sich etwas beruhigt haben, sehr stark auf alle Geräusche. Folglich sind die Kanäle für das Gehör nicht unbedingt notwendig. Da aufserdem jetzt bewiesen ist, dafs ihre Funktionen als solche von peripheren Organen für den Raumsinn aufzufassen sind (nur für CYON. Ref.), so scheint hiermit die Notwendigkeit gegeben zu sein, am achten Nervenpaar *zwei* Nervenarten zu unterscheiden, von denen jede eine verschiedene Funktion besitzt.

Nichtsdestoweniger scheint eine derartige Scheidung des achten Nervenpaars in zwei neue Paare unzulässig, weil wir auch an den anderen Nervenpaaren eine Vereinigung physiologisch ganz verschiedener Fasern vorfinden.

Es genügt nur, der jetzt bestehenden Benennung des achten Paares zu entsagen und dieselbe gegen die Bezeichnung „nervus vestibulo-cochlearis" zu vertauschen.

Von der Teilungsstelle ab kann man jedem Ast eine andere physiologische Benennung geben: *Gehörnerv* würde der zur Schnecke gehende und *Raumnerv* (?) der in den Bogengängen und ihren Ampullen sich verteilende Ast heifsen. Nicht nur physiologische Begriffe allein sprechen für eine derartige Teilung des Gehörnerven. Schon lange vor der Erkenntnis der wahren Funktionen der Bogengänge schrieben Anatomen dem Gehörnerven einen doppelten Ursprung wie auch zweierlei Arten von Nervenfasern zu.

STIEDA beschrieb den doppelten Ursprung des achten Paares besonders genau u. s. w."

Jeden Versuch, vorliegende Frage lösen zu wollen, wird man als müfsig bezeichnen müssen, wenn die Beobachtung Ewalds, dafs die Tauben mit dem Stamme des Gehörnerven allein hören können, sich als Thatsache erweist. Unsre Bedenken gegen diese Behauptung haben wir schon S. 171 geäufsert.

Einflufs des Gehirns auf die Bewegungsstörungen, welche durch Verletzung der Bogengänge hervorgerufen sind.

Die ersten Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Grofshirnhemisphären auf die anormalen Bewegungen stammen von Flourens (1861) her. [207]) Er zeigte, dafs nach der Entfernung der Gehirnhemisphären Bewegungsstörungen bei Läsion des Kleinhirns, der Varolsbrücke

---

[207]) Flourens. Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales.

Compte Rendu des séances de l'Académie des sciences. Séance du lundi 8 avril T. LII, p. 673—675.

„Dès mes premières expériences sur la distinction des fonctions cérébrales, j'ai montré leur indépendance.

„Dans un Mémoire présenté à l'Académie au mois d'avril 1822, je disais: Un animal, privé de ses lobes cérébraux, perd toutes ses facultés intellectuelles, et conserve toute la régularité de ses mouvements; un animal, privé de son cervelet, perd toute régularité dans ses mouvements, et conserve toutes ses facultés intellectuelles.

„Voulant ne laisser aucun doute sur l'indépendance absolue de chaque partie par rapport aux autres, et spécialement par rapport à celle qui paraît le plus devoir influer sur toutes, j'ai commencé par enlever, sur plusieurs animaux, pigeons et lapins, le cerveau proprement dit (lobes ou hémisphères cérébraux).

„Après quoi j'ai opéré successivement (sur autant d'animaux différents, bien entendu) sur le cervelet, sur le pont de Varole, sur les canaux semi-circulaires. La lésion de chacune de ces parties, du cervelet, du pont de Varole, des canaux semi-circulaires et de chaque canal semi-circulaire, a produit les mêmes effets que si le cerveau (lobes ou hémisphères cérébraux) n'eut point été retranché.

„Par exemple, le cerveau enlevé sur plusieurs pigeons, j'ai lésé le cervelet, et la lésion du cervelet a produit le même désordre de mouvements, la même perte d'harmonie et d'équilibre de mouvements qui suivent toute lésion du cervelet dans un animal dont l'encéphale est resté complet, dans un animal qui n'a point perdu ses lobes.

„J'ai enlevé le cerveau sur plusieurs lapins; après quoi j'ai coupé, j'ai blessé profondément le pont de Varole, et l'animal s'est mis à rouler sur lui-même, selon l'axe de sa longueur (toujours du coté lésé); ce qui arrive toujours en pareil cas; et, chose remarquable, avec autant de vigueur que si le cerveau n'avait pas été retranché.

„Je passe à des expériences plus délicates et plus difficiles. On se souvient des effects que produit la section des canaux-circulaires. La section du canal horizontal des deux côtés est suivi d'un mouvement brusque et impétueux de la tête

und der Bogengänge auftreten. Hiermit wies Fl. die vollständige Unabhängigkeit dieser Bewegungen von den psychischen Funktionen nach.

---

de droite à gauche et de gauche à droite; la section du canal vertical inférieur des deux côtes est suivie d'un brusque mouvement vertical de bas en haut et de haut en bas; et la section du canal vertical supérieur, toujours des deux côtés, est suivie d'un mouvement vertical inverse, c'est-à-dire de haut en bas et de bas en haut.

„Ce n'est pas tout. La section des canaux horizontaux détermine une rotation de l'animal sur lui-même dans le sens horizontal.

„La section du canal vertical inférieur ou *antéro-postérieur* détermine la culbute de l'animal sur lui-même d'avant en arrière, c'est-à-dire selon la direction *antéro-postérieure* du canal lui-même.

„Enfin, la section du canal supérieur ou *postéro-antérieur* détermine un mouvement de culbute de l'animal sur lui-même d'arrière en avant, c'est-à-dire selon la direction *postéro-antérieure* du canal lui-même.

„En un mot, la section de chaque canal produit un mouvement déterminé par la direction même du canal. La section du canal *horizontal* un mouvement horizontal; la section du canal vertical *antéro-postérieur* un mouvement de culbute en arrière et la section du canal vertical *postéro-antérieur*, un mouvement d'avant en arrière ou de culbute en avant.

„Je viens à mes nouvelles expériences. Le cerveau (*lobes ou hémisphères cérébraux*) ayant été retranché sur plusieurs pigeons, j'ai opéré successivement (et sur autant de pigeons différents, bien entendu). La section de chaque canal a produit son effet ordinaire, celle des canaux horizontaux des mouvements horizontaux; celle des canaux verticaux *antéro-postérieurs* des mouvements verticaux d'avant en arrière, et celle des canaux verticaux *postéro-antérieurs* des mouvements verticaux d'arrière en avant.

„L'indépendance de chaque organe distinct de l'encéphale par rapport au cerveau proprement dit (*lobes ou hémisphères cérébraux*) est donc radicale, absolue, complète et complètement démontrée.

„Reste la grande difficulté; l'explication de l'étonnant phénomène qui lie la direction des mouvements à la direction des canaux semi-circulaires.

„Chacun de nous a, par rapport à soi, quatre mouvements principaux: de droite à gauche, de gauche à droite; d'avant en arrière, d'arrière en avant; et, ce qui est bien digne de remarque, c'est que chacun de ces mouvements répond à la direction de chacun des canaux semi-circulaires.

„Je donnerai de cet étonnant phénomène, dans un prochain Mémoire, une explication, ou qui sera la vraie ou qui du moins en approchera beaucoup, je l'spère."

Löwenberg (1873, p. 5). Bestätigte in allem die Beobachtungen Flourens', ohne etwas neues hinzuzufügen.

Cyon und Solucha (1874) bestätigen die Beobachtungen Flourens'. Die Tiere sitzen ruhig, wenn sie nicht gestört werden. Die anormalen Bewegungen während der Fortbewegung sind dieselben wie vor der Entfernung der Hemisphären. Die Bewegungen geschehen etwas schwächer und hören schneller auf. Bei Zerstörung 2 horiz. Kanäle und nach der Entfernung des Gehirns dieselben Erscheinungen wie beim Durchschneiden eines horiz. Kanals.

E. Berthold bestätigte die Beobachtungen Flourens'.

Bornhardt.

Durchschneidung der Kanäle nach der Entfernung der grofsen Hemisphären:

Löwenberg (1873) kam auf Grund seiner Versuche zum Schlufs, dafs die Entfernung des Kleinhirns ebenfalls ohne Einflufs auf die Bewegungsstörungen nach der Läsion der Kanäle bleibt. *Nur nach Vernichtung des thalamus opticus* hören die Erscheinungen seitens der Kanäle auf. Die Entfernung eines thalamus und einer Grofshirnhemisphäre benachteiligt die Störungen nicht. Nach Entfernung der Hemisphären werden die Tiere regungslos, und es erfordert einige Mühe sie zu einigen Schritten zu zwingen. Alle anormalen Bewegungen nach Durchschneidung der Kanäle treten nunmehr viel schwächer als sonst hervor. Letztere Erscheinung mufs man auch teilweise, Verf. Meinung nach, dem grofsen Blutverlust beim Entfernen der Hemisphären zuschreiben.

---

1. Nach Wegschneiden der grofsen Hemisphären treten öfter mehr oder weniger schwingende Kopfbewegungen ein, vorzugsweise von rechts nach links, d. h. der Kopf bewegt sich langsam *nach rechts* und schnellt dann *nach links*; in diesen Fällen ist der Kopf *nach rechts von der Mittellinie* gewendet. Seltner ist der Kopf *nach links* gewendet und macht ruckartige Bewegungen.

2. Nach dem Durchschneiden des *linken horiz.* Kanals drehte sich der Kopf mit Macht *nach rechts* und begann schnelle pendelartige Bewegungen nach links auszuführen. Wenn das Tier in Ruhe bleibt, so beugt sich [1] er Kopf immer mehr nach rechts und macht stofsartige Bewegungen nach links.

Nach $^1/_4$ Stunde.

3. Der Kopf befindet sich wieder in der Mittellinie und macht nur bei Reizungen einige pendelartige Bewegungen. Nach Reizungen des durchschnittenen Kanals verstärken sich etwas die Kopfbewegungen nach links; hierbei weicht der Kopf niemals nach links über die Mittellinie hinaus. Nach 5 Minuten ist alles verschwunden, und selbst *die stärksten Reizungen des Körpers* rufen keine derartigen Bewegungen hervor. Der Kopf befindet sich jetzt in der Mittellinie.

4. B. versuchte noch einmal den *linken horiz. Kanal* anzuschneiden; während des Schnitts beugte sich der Kopf wieder *nach rechts* und machte 2—3 Sekunden die oben beschriebenen Bewegungen (diesen Bewegungen folgte auch der Rumpf). Bald darauf nahm der Kopf wieder die Stellung in der Mittellinie ein.

5. Nach dem Einschneiden in den *rechten horiz. Kanal* beugt sich der Kopf *nach rechts* und macht pendelartige Bewegungen nach rechts; nach 2, 3 Sekunden bewegt er sich ruckweise *nach rechts*; durch Reizungen des Körpers wird die Kopfbewegung von links nach rechts verstärkt, aber der Kopf ist doch nach links von der Mittellinie verdreht.

6. Der Kopf wird mit bedeutender Kraft *nach links* gehalten; es ist fast unmöglich, ihn bis zur Mittellinie zu bringen.

7. Wenn man den Kopf mit Gewalt zur Mittellinie bringt und ihn danach losläfst, so nimmt er schnell die frühere Stellung ein und macht einige Bewegungen *nach rechts*.

8. Infolge der Reizung des Körpers werden Kopfbewegungen nach rechts hervorgerufen. Aber im allgemeinen sind dieselben nicht so stark, hastig und häufig wie bei Tieren, denen die Hemisphären nicht entfernt sind.

9. Nach sekundärer Reizung des linken horiz. Kanals werden die pendelartigen Bewegungen nicht verstärkt.

Schrader (1887).

Bei Fröschen, bei denen das Grofshirn entfernt ist, wird die Läsion der Kanäle von Bewegungsstörungen begleitet. Letztere entstehen demnach ohne jegliche Beteiligung der psychischen Funktion.

Beobachtungen **Langes** (1891).*)

Lange hat den Umstand nicht berücksichtigt, dafs die von ihm behandelte Frage bereits von Flourens und Löwenberg in dem Sinne gelöst worden ist, dafs nach Entfernung des Kleinhirns die Durchschneidung der halbzirkelförmigen Kanäle von Bewegungsstörungen begleitet ist. Lange führte die Exstirpation des Kleinhirns mittels einer galvanokaustischen Schlinge aus und suchte die Symptome, die hiernach beobachtet werden, genauer zu schildern. Aufser der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Kanäle führte er noch die Plombierung derselben aus.

Versuch: Die Entfernung des Kleinhirns an einer Taube mufs unter den bekannten Vorsichtsmafsregeln zur Vermeidung einer Verletzung der Sagittalkanäle und zur Verhütung einer nachfolgenden tödlichen Blutung vorgenommen werden. Unterbindung des Sinus occipitalis beseitigte letzteren Übelstand nicht. Daher mufste der sinus mit dem ihn umgebenden Knochen so gelassen werden, wie er war. Auf beiden Seiten desselben wurden dreieckige Öffnungen angebracht, deren untere Ränder bis zur linea semicircularis, also bis zur Ansatzstelle der Nackenmuskeln reichten, während die oberen die grofsen Hemisphären berührten und die äufseren bis dicht an den sinus des canalis anterior heranreichten.

Der obere Knochen wurde mit einem dreieckigen Messer herausgenommen; Entfernung der Spongiosa mit einem Zahnexcavator, und schliefslich Eröffnung der inneren Platte. Aus dem freigelegten Kleinhirn wurden mit der galvanokaustischen Schlinge Stückchen der Gehirnsubstanz herausgenommen. Bei starker Blutung wurden Schwämmchen eingeführt; es gelang stets die Blutung zum Stillstand zu bringen. Die Sektion ergab, dafs die Entfernung des Kleinhirns niemals eine vollständige war. Die Nachbarorgane (die grofsen Hemisphären, lobi optici, medulla oblongata und die Bogengänge) wurden bei dieser Art des Verfahrens in keiner Weise pathologisch afficiert. Die Beobachtungen anderer Forscher, welche gezeigt hatten, dafs nach einigen Tagen und Wochen alle Symptome in beträchtlichem Mafse schwächer werden und dafs nur einige derselben für immer zurückbleiben, sind als richtig zu bezeichnen. Die sofort nach der Operation im Laufe von 24 Stunden auftretenden Symptome sind von den späteren Dauersymptomen wohl zu unterscheiden.

a. Symptome nach der Operation: Die Fähigkeit, geordnete Bewegungen auszuführen, ist verloren gegangen; ruhiges Stehen möglich, desgleichen ruhiges Sitzen mit angezogenen Beinen auf ebenem Boden: Stehen oder Sitzen auf der Stange ist unmöglich, da die Füsse dieselbe nicht umklammern und die Beine sich krampfhaft strecken. Jeder Versuch, einen Schritt zu thun, ist von tetanischer Extension des Beines begleitet, und sobald das Tier hierbei niederfällt, treten sofort die heftigsten Bewegungen der Beine, der Flügel und des Kopfes auf, die bis zur vollständigen Erschöpfung des Tieres dauern. Aus diesem Grunde mufsten in den ersten Tagen die Tiere in ein Handtuch gewickelt werden. Das Fliegen ist unmöglich. Diese Störungen treten nur dann auf, wenn von

*) Bogumil Lange. Inwieweit sind die Symptome, welche nach Zerstörung des Kleinhirns beobachtet werden, auf Verletzungen des acusticus zurückzuführen? Pflügers Archiv für d. ges. Physiol. Bd. 50 p. 615–25. 1891. Dezemb. 1891.

seiten des Tieres Versuche, sich zu bewegen, gemacht werden. Die Tiere müssen künstlich gefüttert werden.

b. Nach Verlauf von 2—3 Wochen werden die Symptome stationär. Der Gang ist eigentümlich unsicher, der Körper schwankt nach allen Seiten, besonders dann, wenn die Tiere aufgeregt sind. Besonders charakteristisch beim Gehen ist das Auftreten mit den Fufsspitzen, d. h. es werden nicht alle 4 Zehen aufgesetzt, sondern nur die drei vorderen, während die vierte rückwärts gerichtet ist und in der Luft schwebt. Die drei Vorderzehen berühren den Boden nicht mit ihrer ganzen Fläche, sondern nur mit dem vordersten Teil. Die geschilderte Erscheinung hat augenscheinlich ihren Grund darin, dafs beim Gehen die Zehen krampfhaft extendiert werden. Infolgedessen kann die Taube auch nicht auf der Stange sitzen und, auf dieselbe gesetzt, fällt sie sofort rücklings über. Mit der Zeit verschwinden diese krampfhaften Erscheinungen, und der Vogel gewinnt die Fähigkeit, auf der Stange zu sitzen, wieder. Das Fliegen ist dann möglich.

Sehr interessant ist der Umstand, dafs die Tauben bald fliegen lernen. Sie können sich von Boden erheben, eine gewisse Strecke weit fliegen, in der Luft eine Wendung machen, die Fluggeschwindigkeit vermindern, sich auf eine Stange setzen; beim Fliegen sind keinerlei Unregelmäfsigkeiten wahrzunehmen. Wenn das Tier sich nicht bewegt, ist der Kopf auch in Ruhe; in der Erregung treten unbedeutende Oscillationen desselben auf. Die Taube ist im stande, sich auf der Stange hin und her zu bewegen. Aus all dem Angeführten geht hervor, dafs die Fähigkeit, sich im Gleichgewicht zu halten, nicht gestört ist. Alle Vögel lernen von selbst fressen und trinken. Anfangs nur bemerkt man beim Picken weite Ausschläge des Kopfes. Aufser den angeführten Erscheinungen ist noch der Einflufs der Entfernung des Kleinhirns auf die Bewegung der glatten Muskulatur wahrzunehmen. Die Exkremente werden hellgrün und flüssig, während sie vor der Operation fester und dunkler waren. Dieses Symptom dauert sehr lange an, selbst nach dem Zurücktreten aller übrigen Krankheitserscheinungen.

Als die Tauben in die Periode der stationären Bewegungen eingetreten waren, schritt LANGE zu den Versuchen an den Bogengängen, welche er nach der EWALDschen Methode (s. Abschnitt über die Experimentalmethoden) plombierte. Gleichzeitig hiermit wurde auch die Durchschneidung ausgeführt.

1. Plombierung der beiden canales horizontales s. externi. Die Resultate sind die nämlichen wie nach der Durchschneidung. Die Bewegungsstörungen traten bei fehlendem Kleinhirn anscheinend stärker als gewöhnlich auf.

2. Auf der einen Seite wird der canalis sagittalis s. anterior, auf der anderen der canalis frontalis s. posterior plombiert:

Bewegung des Kopfes in der Ebene der Kanäle in diagonaler Richtung, wie dies schon längst von BREUER geschildert worden ist (S. 248). Die Bewegungsstörungen waren dem Anschein nach etwas stärker als gewöhnlich ausgeprägt. Das Zurücktreten der Krankheitserscheinungen dauerte länger.

3. Herausnahme *eines* Labyrinths. Die Extraktion wurde nach der EWALDschen Methode ausgeführt. (Siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden.) An einer normalen Taube ergaben sich Erscheinungen, wie sie EWALD beschrieben hat. Nach 8—14 Tagen tritt Verdrehung des Kopfes auf. An kleinhirnlosen Tauben äufserten sich alle Störungen stärker als an normalen Tieren; das Verdrehen des Kopfes trat schon unmittelbar nach der Operation auf und war so stark, dafs der Scheitel den Boden berührte. Kleinhirnlose Tauben vollführten nach der Extraktion des Labyrinths sehr stürmische Bewegungen, überkugelten sich nach hinten und seitwärts und

waren nicht im stande, sich wieder auf die Beine zu erheben. Das Fliegen war unmöglich. Sie mufsten aus der Hand gefüttert werden.

Demnach haben die durch die Bogengänge hervorgerufenen Bewegungsstörungen einen ganz anderen Charakter und zeichnen sich bei Fehlen des Kleinhirns durch besonders stürmisches Wesen aus. Aufserdem trat in den letzteren Fällen keine allmähliche Abschwächung in den Krankheitserscheinungen ein.

Die umgekehrte Anordnung des Versuchs, d. h. vorhergehende Entfernung des Labyrinths und dann Extraktion des Kleinhirns lieferte Erscheinungen, wie man sie an kleinhirnlosen Tauben beobachtet.

2. Doppelseitige Herausnahme des Labyrinths: Die Taube konnte lange Zeit nach der Operation ohne besondere Störungen gehen, stehen und laufen. Nach der Entfernung des Kleinhirns traten die typischen Kleinhirnsymptome auf.

Auf Grund seiner Experimente kommt Lange zu dem Schlufs, dafs beide Organe (Kleinhirn und Labyrinth) ganz selbständig und unabhängig von einander funktionieren. Das Schwächerwerden oder sogar völlige Verschwinden der Bewegungsstörungen erklärt sich durch die kompensierende Thätigkeit der anderen Sinnesorgane. Auf diese Weise lernt eine Taube ohne Kleinhirn bei Unverletztheit des Labyrinths von neuem, sich im Gleichgewicht zu halten. Ein des Sehvermögens beraubtes Tier gewöhnt sich mit Hilfe des Tastsinns wieder an das Gehen.

Versuche an der macula utriculi.

Die isolierte Reizung oder Verletzung der macula acustica des utriculus und sacculus bildet das pium desiderium des Experimentierenden am Ohrlabyrinth. Dieser Wunsch ist nur teilweise hinsichtlich der Bogengänge und Ampullen einiger Fische und Vögel in Erfüllung gegangen. Bei Säugetieren ist er infolge Fehlens hierzu zweckmäfsiger Experimentalmethoden bis jetzt nicht zu verwirklichen gewesen. Eine ziemlich lokalisierte Reizung und Läsion der maculae acusticae auszuführen, ist Sewall (1885) an dem utriculus von Rochen und Haifischen zuerst gelungen.

Nach Entfernung ihrer Otolithen und nach Ausschaben des Bodens des Vorhofs mit einem Skalpell wurden sowohl eine Reihe von Zwangsbewegungen, welche höher oben beschrieben sind, sowie auch Augennystagmus, dessen Stärke in einem gewissen Verhältnis zum Grade der Reizung steht, beobachtet. Analoge Erscheinungen kamen auch nach leichter mechanischer Reizung der Ampullen und des sacculus zum Vorschein. Die Versuche Rewalls fanden zum grofsen Teil durch Steiner (1886) ihre Bestätigung. Bei der Kritik der betreffenden Experimente mufs der Umstand ganz besonders hervorgehoben werden, dafs die experimentierenden Forscher nicht genügend für eine strenge Lokalisation der Reizung haben sorgen können, welche doch bei einem so zarten Organ um so erforderlicher zur Erzielung sicherer Resultate ist. Schon unter normalen Bedingungen genügt eine geringe Reizung des

Vestibulums, um starke Kontractionen einiger Muskeln hervorzurufen. Beim Herausspülen der Otolithen aus dem Vorhof dürfte ohne Zweifel wohl schon der Wasserstrahl die Ampullen reizen. Auch ist anzunehmen, dafs infolge der Zerrung des Otolithen mit der Pincette auch der Stamm des Gehörnerven gezerrt wird, seine blofse Durchtrennung führt bekanntlich schon zu Bewegungsstörungen.

Das Ausschaben des Bodens des Vorhofs kann man auch nicht als eine zarte Manipulation betrachten. Es ist nicht ausgeschlossen, dafs bei allen diesen Experimenten die anormalen Symptome mit einer Reizung der Nervenfasern der Ampullenäste in Zusammenhang gestanden haben mögen. Zukünftigen Experimenten fällt die Aufgabe zu, Klarheit hierüber zu verschaffen.

Bei Vögeln und Säugetieren ist es noch nicht gelungen Untersuchungen an ihren maculae acusticae anzustellen, weil der Vorhof bei ihnen einen zu geringen Umfang besitzt. Vorläufig hat man sich bei ihnen eigentlich nur aus Mangel an etwas Besserem mit der Extraktion oder mit der Reizung des ganzen häutigen Vorhofs begnügt.

Flourens' Experiment.

Fl. zerstörte den häutigen Vorhof der Taube, indem er von oben durch eine besondere Öffnung in das Labyrinth drang. Hierbei wurde eine ganze Reihe von Störungen beobachtet.

Beobachtungen **Breuers** (1874).

Nach Entfernung des utriculus zugleich mit den Bogengängen wurde am folgenden Tage Kopfnystagmus nach allen Richtungen beobachtet. (Am ersten Tage lag die Taube in ein Tuch eingewickelt. Siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden.) Nach 2 Tagen verlor sich derselbe und das Tier safs bald ruhig und traurig da, bald ging es, ohne sich zu überschlagen und ohne zu straucheln, im Zimmer umher. In den folgenden Tagen konnte man konstatieren, dafs, wenn man die Taube in die Hand nahm und sie um ihre Längsaxe drehte, dieselbe *nicht die geringsten kompensatorischen Kopfbewegungen machte.* (Über die Drehversuche siehe weiter unten.) Am 5. Tage traten Zwangsbewegungen auf. Das Tier lief mit gerade ausgestrecktem, aber gegen die Diele gedrücktem Kopf in gerader Richtung oder beschrieb mehr oder weniger enge Kreise, ohne jede Neigung, sich zu überschlagen. (Die aufgezählten Symptome mufs man als Folgen von Kleinhirnerkrankungen auffassen.) Die Taube starb an demselben Tage.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

1. Doppelseitige Entfernung des utriculus und der Bogengänge mit den Ampullen. Bei einseitiger Entfernung dreht die Taube den Kopf nach der operierten Seite hin, beruhigt sich nach einiger Zeit und macht nach dieser

Seite hin Manègebewegungen. Bei doppelseitiger Operation befindet sich das Tier in grofser Unruhe, überschlägt sich nach allen Richtungen und wirft den Kopf nach allen Seiten hin. Um tödliche Gehirnverletzungen zu verhüten, mufs man das Tier fixieren, oder, was noch besser ist, in der Äthernarkose operieren und nach beendigter Narkose 0,007 Chloral subkutan injizieren, wodurch dieselbe verlängert wird. Nach dem Erwachen aus der Narkose beruhigt sich das Tier so weit, dafs es sich keine Verletzungen mehr zufügt. Aber auch in diesem Falle kann man mit ihm keine physiologischen Beobachtungen anstellen, weil der Kopf krampfhaft nach allen Seiten zuckt. Am zweiten, öfter am dritten Tage verlieren sich die unregelmäfsigen Bewegungen. Das Tier hält jetzt den Kopf gewöhnlich ruhig; nun kann es nicht selten langsam in gerader Linie gehen, obgleich noch nicht mit der nötigen Sicherheit. Eine auf den Finger gesetzte Taube schwankt, wenn man denselben biegt, gerade wie eine gesunde Taube, einen Fufs einknickend und den anderen ausstreckend, so dafs der Körper die normale Haltung behält. Wenn wir jetzt den Vogel in die Hand nehmen und ihn um die Längsaxe drehen, so verändert der Kopf seine Lage nicht und der Schnabel ist *nach unten vorn* gerichtet. Die Tastempfindung der Füfse ist dabei vollständig *ausgeschlossen*. Wenn der Experimentierende sich mit der Taube zusammen in der horizontalen Ebene dreht, *werden kompensatorische Bewegungen bemerkt* wie bei einem gesunden Tier. Wenn man dem Tiere eine Kappe aufsetzt, um es am Sehen zu hindern, bleiben die kompensatorischen Bewegungen bei Umdrehungen um die Längsaxe und in horizontaler Richtung weg. Aus früheren Versuchen ist ersichtlich, dafs die Ausschaltung des Sehvermögens bei einer gesunden Taube vollständig wirkungslos bleibt. Den kompensatorischen Bewegungen mufs immer eine Empfindung von der Bewegung des Körpers vorangehen. Eine auf den Finger gesetzte Taube, deren Sehvermögen ausgeschaltet ist, empfindet dieselben mittels des Tastgefühls der Extremitäten, während die in die Hand genommene Taube, deren Augen nicht verbunden sind, sie mit Hilfe des Sehvermögens erhält. Bei einer gesunden Taube ist dieses Gefühl auch ohne *Tastgefühl* und ohne *Sehvermögen* wegen *Intaktheit des Vorhofsapparates* vorhanden. Folglich erhellt hieraus, dafs die *kompensatorischen Bewegungen ebenfalls durch Reizung der Vorhofsnerven hervorgerufen werden.*

Am 4. Tage fängt die Taube wieder an, sich unruhig zu bewegen. Kopfverdrehungen und Manegebewegungen kommen zum Vorschein.

Bei einer Sektion von Vögeln, welche am 6. bis 7. Tage getödtet wurden, war im Kleinhirn niemals irgend ein Eiterherd bemerkbar. Gewöhnlich bestand die ganze Veränderung in einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Kleinhirnhyperämie. Manchmal waren gar keine mikroskopischen Veränderungen zu konstatieren; daraus darf man aber nicht schliefsen, dafs mikroskopische Veränderungen nicht vorhanden waren.

Auf Grund des eben Gesagten dürfen wir uns nicht wundern, wenn die Tiere ohne den häutigen Vorhof gehen können, und wenn bei vorsichtiger Durchtrennung des n. acusticus die Regelmäfsigkeit der Bewegungen nicht gestört ist. Denn in diesem Falle sind die Tiere *nur eines Mittels zur Orientierung* beraubt, nämlich *des Vorhofs*. Ebenso ist es begreiflich, dafs nach dem Durchschneiden des Gehörnerven manchmal Bewegungen eintreten. In diesem Falle kann sich der Nervenreiz von der Durchschnittsstelle auf das Centrum fortpflanzen.

2. Bei einseitiger Exstirpation des Vorhofsapparates setzen sich die kompensatorischen Bewegungen fort. Die einseitige Entfernung des Vorhofs kann ohne tiefe Narkose durchgeführt werden. Das Tier erholt sich bald,

Am folgenden Tage nimmt der Kopf eine vollständig normale Stellung an; manchmal ist er leicht horizontal nach der operierten Seite hingewendet. Wenn das Tier am Leben bleibt, so wendet sich der Kopf in der frontalen Ebene allmählich in einem Winkel von 180 °, so dafs zuletzt der Scheitel den Fufsboden berührt. (Ein unreiner Versuch.) Im Ruhezustande gelingt es den Tauben manchmal den Kopf fast in normale Lage zu bringen. Bei jeder Aufregung nimmt der Kopf sogleich seine anormale Lage ein und es treten Erscheinungen von Manègebewegungen bald nach der Seite der Läsion, bald nach der entgegengesetzten Seite, auf. Überschlagen nach vorn oder hinten wird nicht bemerkt. Die Sektion ergab hier gewöhnlich ein negatives Resultat, nur manchmal waren Hyperämieen vorhanden. Wenn die Operation z. B. auf der linken Seite ausgeführt wurde, so beschrieb der Vogel Kreise nach der Seite der Wunde hin; in die Luft geworfen, flog er nach links. Bei horizontalen und dann nur schnellen Umdrehungen mit einer Kopfkappe, d. h. mit ausgeschalteten Augen, erfolgten kompensatorische Bewegungen gleich gut nach beiden Seiten; dasselbe Resultat erhielt man auch, wenn der Kopf der Taube während der Umdrehungen zum Experimentierenden gewendet war. Die hier beschriebenen Erscheinungen erinnern lebhaft an Symptome der Tabes, bei welcher die Patienten bekanntlich mit offenen Augen stehen, mit geschlossenen Augen aber ins Schwanken geraten.

Breuer versuchte einige Male den utriculus zu lädieren, ohne die Bogengänge oder das cavum mesooticum zu berühren. Dieses gelang ihm gewöhnlich sehr leicht. Dabei wurden nur unregelmäfsige Bewegungen beobachtet, oder solche, welche den lädierten Kanälen entsprachen.

Einwand von **Anna Tomaszewicz** (1877) gegen **Breuer.***)

T. betrachtet die Versuche Breuers mit grofsem Mifstrauen, besonders dessen Behauptung von der Leichtigkeit des Operationsverfahrens.

*) „Die Reizversuche BREUERS zeichnen sich durch ebenso grofse Feinheit wie die Exstirpationsversuche aus; er legt die verschiedenen Kanäle blofs, eröffnet den knöchernen und weifs sicher, dafs der häutige „intakt“ ist; durch Vorbeiblasen mit einer Pipette, Berührungen mit Papierschnitzelchen, Borsten, durch Ansaugen mit Fliefspapier, durch Anstechen eines häutigen und knöchernen Ganges und Einstechen einer Borste in die Stichöffnung erzeugt er Endolymphströmungen. Alles ohne Narkose und ohne den Kopf zu fixieren. Die Taube macht nach jeder Reizung eine mit der Hypothese übereinstimmende Bewegung, sonst aber hält sie den Kopf ruhig hin. Wer die Schwierigkeit des Operierens an den Bogengängen kennt, wird diese Versuche in der That bewunderungswürdig finden: ich kann mich aber einer gewissen Skepsis nicht erwehren, und wäre eher geneigt, die Richtung der Kopfbewegungen der Taube viel mehr dem Zufall als den Endolymphströmungen zuzuschreiben; ein Tier, an dem man ohne Narkose operiert, wird zunächst einen lebhaften Schmerz an der Wunde haben und alle Manipulationen an dieser unangenehm empfinden; besitzt auch der häutige Bogengang keine sensiblen Nerven, so kann ein Anstreifen der Wunde, ein Druck gegen die durchtrennten Knochenränder des Kanals nicht vermieden werden; auch das zahmste Tier wird, wenn man den Leib festhält, wenigstens durch Kopfbewegungen auf solche Eingriffe reagieren; diese können entweder den Charakter der Abwehr haben, also nach der wunden Seite hin geschehen, oder nach der entgegengesetzten, um die schmerzhafte Stelle dem Reiz zu entziehen: bei scheinbar geringen Veranlassungen kann die eine oder die andere Richtung bevorzugt werden.“

Nach den Beobachtungen BREUERS sollen die Tauben mit exstirpierten Vorhöfen am 2. bis 3. Tage sich so weit erholen, dafs sie im vollen Besitz des Gleichgewichtes seien und bei Umdrehungen um jede Axe wie gesunde Vögel sich verhalten. Trotz aller Bemühungen gelang es T. nicht, den ganzen Vorhof so schnell und so leicht zu entfernen, wie es BREUER gethan hat.

Stets hatte man es mit Blutungen zu thun, trotz der Unterbindungen der Arterie nach BREUERS Angabe. Am 2. bis 3. Tage boten die Tiere einen so traurigen Anblick dar, dafs BREUER an seinen Tauben wohl eher die Erscheinungen der Agonie als die des Drehschwindels beobachtet haben konnte.

Beobachtung von **A. Tomaszewicz.**

Nach einseitiger Exstirpation des Labyrinths wurden niemals Störungen beobachtet. Nach doppelseitiger Entfernung beobachtete man eine vorübergehende Schiefstellung des Kopfes und Manègebewegungen; die Erscheinungen waren nicht scharf ausgeprägt und traten nur auf, wenn die Tiere zur Fortbewegung gezwungen wurden. Nach 6 Wochen verschwanden alle Erscheinungen, und die Tiere reagierten auf Drehungen und galvanischen Strom vollständig normal. Es mufs betont werden, dafs T. nach einer sehr groben Methode experimentierte (siehe den Abschnitt über die Experimentalmethoden) und dem Zustand der Wunde keine Aufmerksamkeit schenkte.

Beobachtungen von **A. Högyes** (1881).[208])

p. 562. Wenn wir bei einem lebenden Kaninchen die fossa mastoidea hinter dem Ohr öffnen, so werden wir den Flocculus vorsichtig in die Schädelhöhle zurückschieben können, ohne Bewegungsstörungen zu erhalten. Der Boden der fossae mastoideae stellt die Decke der Paukenhöhle vor. Wenn wir diesen Boden am innern Rande durchbohren, so gelangen wir in den Vorhof des Labyrinths, was am Ausfliefsen von Perilymphe erkannt werden kann.

Durch eine in diese Öffnung hineingeschobene dünne Glasröhre wird die Perilymphe aufgesogen. Bei vorsichtiger Handhabung treten bis jetzt keine Bewegungsstörungen auf. Hierauf zieht man über die Glasröhre ein Kautschukrohr, welches man in den Mund nimmt oder mit einem Ballon verbindet. Bei sanftem Hineinblasen von Luft bis zur teilweisen Entfernung der Perilymphe aus der Glasröhre tritt sogleich *eine bilaterale Augenbewegung auf.*

Bläst man aber stärker hinein, so entsteht ein *bilateraler Nystagmus*, welcher bei Einstellung des Blasens aufhört. Man kann die Stärke, mit der man hineinbläst, derart regulieren, dafs man nur einfache Augenbewegungen ohne Nystagmus erhält, oder einzelne „Rollungen“ und „Wendungen“ der Augen. Dasselbe erzielt man durch verschieden starkes Aufsaugen der Perilymphe. Bei einiger Übung und Vorsicht kann man diesen Versuch 8—10 mal an ein und demselben Tiere wiederholen.

---

[208]) ANDREAS HÖGYES. Über die wahren Ursachen der Schwindelerscheinung bei der Drucksteigerung in der Paukenhöhle. Vorläufige Bemerkungen zur Physiologie und Pathologie der Bogengänge. PFLÜGERS Archiv für die gesamte Physiologie. Bd. 26, p. 558—568. 1881.

Wenn man die Vorhofsdecke in noch gröfserer Ausdehnung aufbricht, so gelangt man zum utriculus und zur horizontalen und vorderen vertikalen Ampulle, sowie zum canalis communis, welcher durch das Zusammenfliefsen der vorderen und hinteren vertikalen häutigen Bogengänge entsteht.

Wenn man diese Teile nun an verschiedenen Stellen mit einer Borste berührt, so wird man stets verschieden charakterisierte, zweiseitige Augenbewegungen erhalten. Bei leichter Berührung sind sie unbedeutend und mit der Entfernung der Borste hören sie auf; bei stärkerer Berührung verschwinden diese Bewegungen nicht mehr sogleich nach dem Aufhören der Reizung, sondern sie dauern noch einige Zeit in Gestalt von nystagmischen Oscillationen. Bei Berührung des canalis horizontalis oder seiner Ampulle wenden sich beide Augen nach der Seite der Reizung hin, oder sie führen in dieser Richtung Oscillationen aus. Man sieht also, dafs sich durch stärkeren Wellenschlag des Labyrinthwassers sowohl, als auch durch mechanische Berührung des häutigen Labyrinths bilateraler Augen- und ein eigenartiger Kopfnystagmus sich entwickelt. Durch die erweiterte Öffnung der Vorhofsdecke läfst sich der gröfste Teil des häutigen Labyrinths herausziehen, worauf man die zurückgebliebenen Reste mit acid. nitr. dil. zerstört. Nach diesem Eingriff werden keine Störungen mehr, weder bei mechanischer Reizung der Vorhofsgebilde, noch bei gewaltsamem Einpressen der Labyrinthflüssigkeit bemerkt. Nach Vernichtung des Vorhofs vorgenommene Verletzungen des Mittelhirns und des verlängerten Marks riefen Augen- und Kopfnystagmus hervor, aber in viel schwächerem Mafsstabe.

Einwurf **B. Baginskys** (1885) gegen **Högyes.**

Diese Schrift, welche einen polemischen Charakter trägt, beschäftigt sich mit der Arbeit Högyes' (1881).

B. sucht zu beweisen, dafs der Flourenssche Symptomenkomplex nicht mit dem Labyrinth im Zusammenhang stehen kann und dafs bei allen auf die Bogengänge Bezug habenden Versuchen in einzelnen Gehirnteilen für den Experimentierenden unbemerkt gebliebene Verletzungen zugefügt worden wären. B. erscheint demnach als eifriger Verfechter der Boettcherschen Ansicht (S. 299). Im Gegensatz zu Högyes stellt nun B. folgende Gegenansichten und Gegenbehauptungen auf:

1. Die Methode, nach welcher Högyes operierte, läfst den Vorhof ohne gleichzeitige Verletzung der benachbarten Teile des Gehirns unmöglich erreichen. (Siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden.)

2. Bei Öffnung des Vorhofs stöfst man auf solche Schwierigkeiten, dafs es vollständig unbegreiflich erscheint, wie Högyes eine isolierte Reizung der Vorhofsteile hat zustande bringen können. Vor allem möge hervorgehoben werden, dafs es unmöglich ist, den Flocculus beiseite zu schieben oder ihn in die Schädelhöhle hineinzudrängen. B. mufste, damit der Flocculus den weiteren Manipulationen nicht hinderlich sei, denselben mit einem dünnen, schmalen Holzstäbchen zerdrücken. Dies wurde von einer mehr oder weniger starken Blutung begleitet. Dieselbe wurde von B. durch Einführen von Schwämmen in die Höhle gestillt, ohne dafs er hierbei Bewegungsstörungen bemerken konnte. Nur das Aufdrücken eines Schwammes auf den Flocculus rief einen bilateralen Augennystagmus hervor, welcher jedoch bald wieder verschwand.

Das Tier konnte ohne jegliche Störung laufen. Der Vorhof wurde mit einem sehr dünnen und sehr scharfen Drillbohrer angebohrt. Bei der geringsten Bewegung von seiten des Tieres traf der Bohrer entweder die Gehirnmasse oder er rutschte in die Paukenhöhle aus.

Da das Operationsfeld sehr klein ist, konnte man sich hinsichtlich der Lage der einzelnen Teile des Vorhofs nicht orientieren und mufste derselbe in seiner Totalität gereizt werden. Jedem, der an den Ohren des Kaninchens experimentiert hat, ist bekannt, wie schwer es ist, das Öffnen des Vorhofs durchzuführen und die Lage der Teile selbst am Kadaver des Tieres zu bestimmen. B. bekennt offenherzig, dafs es ihm ganz und gar nicht gelungen ist, die von HÖGYES beschriebenen Versuche mit der Reizung der einzelnen Teile des Vorhofs zu wiederholen.*)

Nach Anbohrung des Vorhofs tritt sogleich ein bilateraler, sehr starker Nystagmus auf, welcher wieder mit Unbeweglichkeit der Augen und nachfolgenden krampfhaften rotatorischen Bewegungen abwechselt. Zugleich mit dem Nystagmus beobachtet man die von MAGENDIE beschriebene Stellung der Augen: das Auge der operierten Seite ist nach oben und aufsen, und das der unoperierten nach unten und innen gerichtet. Diese Erscheinungen werden jedoch bald durch Augenbewegungen ersetzt. Bei Tieren, die vom Tisch auf den Fufsboden hinuntergelassen worden sind, erneuert sich der Nystagmus und es erscheinen pendelartige Schwingungen, Umdrehungen um die Längsaxe des Körpers und Zeigerdrehungen nach der Seite der Wunde. Manchmal geht das Tier einen Krebsgang und fällt nach Aufhören der Zwangsbewegungen entkräftet auf den Fufsboden nieder. Nachdem es sich erholt, treten die Zwangsbewegungen wieder auf. In den hier erwähnten Fällen konnte man durch die Sektion eine Hyperaemie des Labyrinths und Blutextravasate unter der harten und weichen Gehirnhaut konstatieren. Manchmal waren ähnliche Veränderungen auch im Gehirn vorhanden.

Bei mifslungenen Versuchen zeigte die Sektion, dafs der Vorhof gar nicht geöffnet worden war, und dennoch waren alle Bewegungsstörungen vorhanden gewesen. In diesen Fällen hatte, wie es sich herausstellte, der Bohrer die Paukenhöhle und das Kleinhirn lädiert. Alle angeführten Versuche widersprachen den von HÖGYES erzielten Resultaten.

3. Der Versuch mit der Glasröhre wollte BAGINSKY auch nicht gelingen. Es ist unverständlich, weshalb beim ersten Aufsaugen der Perilymphe keine Bewegungsstörungen zum Vorschein kamen, während sie nach weiterem Saugen stets auftraten.

Aufserdem gelang es niemals, in dem engen und kleinen Raum der fossae mastoideae (subarcuatae) des Kaninchens so zu manipulieren, dafs man gerade den horizontalen Kanal oder seine Ampulle blofslegte.*)

---

*) „Ich für meinen Teil mufs bekennen, dafs ich nicht im stande war, die Versuche mit der von HÖGYES angegebenen künstlerischen Fertigkeit auszuführen, sondern dafs sich meine Versuche auf den Vorhof in seiner Totalität erstreckten; mir ist es nicht möglich gewesen, trotz einer immerhin grofsen Zahl von Versuchen, die einzelnen häutigen Teile des Ohrlabyrinths freizulegen und isoliert zu reizen, obschon ich die anatomischen Verhältnisse des Ohrlabyrinths beim Kaninchen genau kenne."

**) „Ebensowenig konnte ich in dem so kleinen und engen Raum der fossa subarcuata des Kaninchens mich so orientieren, dafs ich gleich HÖGYES im stande gewesen wäre, den horizontalen canalis semicircularis oder dessen Ampulle frei zu

4. Vollständig unerklärbar sind die Versuche HÖGYES', in welchen er nach Einführung von acid. nitr. dil. in die Vorhofshöhle keine Bewegungsstörungen beobachtete. Vielfach konnte man konstatieren, dafs die Salpetersäure durch den Aquädukt auch in die Schädelhöhle drang, wo sie das Gehirn reizen konnte. Hinsichtlich des wichtigsten Versuches von HÖGYES mit der Exstirpation des Vorhofs begnügt sich BAGINSKY mit einigen Fragezeichen und erklärt, dafs er für ihn vollkommen unbegreiflich wäre. Dies hat aber jedenfalls seine Ursache darin, dafs BAGINSKY die Einträufelungen bei intaktem Labyrinth vornahm, während HÖGYES dieselben nach der Exstirpation des Vorhofs angewandt hatte. Die eingeführte Flüssigkeit bekam daher offenbar bei BAGINSKY eine andere Richtung als in den Versuchen HÖGYES'.

5. Auf welche Weise sollen die Bewegungsstörungen dort, wo man keine anatomischen Veränderungen vorfindet, erklärt werden? In solchen Fällen mufs man eine Kompression oder eine Reizung der benachbarten Gehirnteile annehmen. Die Versuche mit dem Anschaben der fossae mastoideae kann man sich nicht anders als Folge einer Reizung des Gehirns erklären; eine Reizung der Vestibularenden des Gehörnerven durch einen massiven Knochen hindurch hervorbringen zu können, ist ganz undenkbar. Wenn wir diesen Versuch wiederholen, so werden wir sehen, dafs die Gehirnteile vom schabenden Instrument verschoben und gedrückt werden. Auf diese Weise wird die Entstehung des bilateralen Nystagmus wohl begreiflich. Auf Grund des oben Angeführten sind alle Folgerungen HÖGYES' nach B. vollkommen unhaltbar.

Versuche **Baginskys** (1885).

Versuche am Vorhof wurden von B. zu dem Zwecke vorgenommen, um zu beweisen, dafs die Bewegungsstörungen nach der Zerstörung des Vorhofs inkonstant wären. Schwach ätherisierten Hunden wurde die bulla geöffnet; nachdem die Narkose vergangen war, bohrte B. den Vorhof an.

Die Hunde wurden vom Stuhl auf den Fufsboden gelassen. In einer Reihe von Fällen waren überhaupt keine Störungen vorhanden, während in anderen Fällen das Verhalten der Hunde sich als nicht normal erwies. In allen Fällen konstatierte B. bei der Sektion eine Hyperämie des Labyrinths. In anderen und zwar in den meisten Fällen wurde folgender Symptomenkomplex beobachtet. Sogleich nach dem Öffnen des Vorhofes trat ein starker Nystagmus auf; die Augen rollten ununterbrochen nach allen Richtungen hin.

Manchmal trat auf der operierten Seite eine Verengerung der Pupille auf, und manchmal auch *Hornhautamnesthesie.*

Gleichzeitig *schlofs das obere Lid nicht vollkommen.* Hunde einer zweiten Kategorie führten, auf den Boden freigelassen, verschiedene Zwangsbewegungen aus (wie Umdrehungen um die Längsaxe, Zeigerdrehungen u. s. w.). Während der Anfälle flofs dicker Schleim aus der Nase und Speichel aus dem Munde heraus. Allmählich konnten die Hunde nach $1^1/_2$—2 Stunden nach der Operation mit ausgespreizten Füfsen schwankend im Zimmer umhergehen.

Einige von diesen Hunden wurden sogleich nach der Operation getötet;

---

legen und isoliert zu reizen. Alle Übung hilft hier nicht aus, und von der Unmöglichkeit einer derartigen Versuchsanordnung kann sich jeder überzeugen, der sich der Mühe unterzieht, die Versuche zu wiederholen."

dieselben ergaben bei der Sektion ein negatives Resultat. Bei lebend gelassenen verschwand allmählich die Anästhesie der Hornhaut und die Starrheit des oberen Lides.

Die Stellung des Kopfes war bei einigen Tieren normal: sie hielten ihn etwas schief, wobei das Auge der operierten Seite nach unten gerichtet war, das gesunde aber nach oben. Bei der Sektion wurden keine Veränderungen im Gehirn festgestellt, im Labyrinth waren entzündliche Veränderungen und in späteren Stadien Narbengewebe vorhanden.

Einen Teil der beobachteten verschiedenartigen Erscheinungen kann man auf eine intrakranielle Druckerhöhung und auf eine Reibung des Gehirns an den Schädelwänden, sowie auf eine Änderung der Blutzirkulation in einigen Teilen des Gehirns zurückführen. (Auf die Möglichkeit aller dieser Ursachen haben schon Boettcher, Tomaszewicz u. a. hingewiesen, siehe Seite 299, 301). Für diese Annahme spricht auch die Verengerung der Pupille, die Anästhesie der Hornhaut und die Unbeweglichkeit des oberen Lides. In diesen Fällen war jede Möglichkeit einer Verletzung des trigeminus ausgeschlossen. Das Rotieren völlig tauber Hunde ergab eine Reihe von schwachen Bewegungsstörungen. Diese Erscheinung mufs man in ursächlichen Zusammenhang mit Veränderungen des intrakraniellen Druckes und der Blutzirkulation während der Drehung bringen.

Beobachtungen **Steiners** (1886).

St. (S. 206) führte eine vollständige Exstirpation des ganzen häutigen Labyrinths an Haifischen aus und füllte die Höhle mit geschmolzenem Paraffin voll. Es wurden niemals Bewegungsstörungen beobachtet.

Beobachtung **R. Ewalds** (1888).[209])

E. wiederholte den Versuch Steiners mit der Füllung der Höhle an Tauben. Statt des Paraffins bediente er sich hierzu einer Zahnplombenmasse (siehe Abschnitt über die Experimentalmethode). Eine Taube mit doppelseitig entferntem häutigen Labyrinth und nachfolgender Plombierung der Höhle zeigt folgendes Bild:

Das Tier war sehr zahm und folgte Ewald durch alle Zimmer. Sich selbst überlassen, beschrieb es gern Kreise bald rechts, bald links. Nach Ermüdung, welche sehr bald eintrat, knickte sie die Füfse ein. Vom Fufsboden auffliegen und horizontal vorwärts fliegen konnte sie nicht, sie flog hingegen regelrecht vom Schrank herunter. Sie machte keine anormalen Kopfbewegungen; fressen konnte sie jedoch nicht selbständig, nur trinken. Der Kopf führte keine anormalen Bewegungen aus, seine Stellung jedoch war nicht normal; er war zurückgeworfen und der Schnabel schräg nach vorn oben gerichtet.

E. meint, dafs alle diese Erscheinungen in Zusammenhang ständen mit der Schwäche aller quer-gestreiften Muskeln, die Zungen-, Kehl- und Kiefermuskeln mit eingeschlossen.

Alle Tauben gingen zu Grunde unter Erscheinungen von hochgradiger Muskelatrophie.

---

[209]) Ewald. Tageblatt der 61. Naturforscherversammlung in Köln 1888, p. 76.

Versuche an der macula sacculi.

Hinsichtlich des sacculus haben wir bis jetzt nur einige direkte Beobachtungen. Die erste stammt von SEWALL (1883).[183]) Nach Öffnung des sacculus beim Rochen mit der Schere zeigte der Fisch ein Bestreben, auf den Grund zu sinken und sich um die Längsaxe des Körpers nach der Seite der Läsion hin zu drehen. Nach doppelseitiger Läsion der Säckchen trat statt der Seitenbewegungen Überschlagen ein.

Über die Experimente von STEINER, LÖB und KREIDL siehe Seite 206, 208.

Veränderungen, welche durch Verletzung der Bogengänge und des Vorhofs im tierischen Organismus hervorgerufen werden.

Über den Einfluſs von Verletzungen des Labyrinths auf den übrigen Organismus können wir wenig sagen, da man diesem Teil der Frage bis jetzt verhältnismäſsig geringe Aufmerksamkeit geschenkt hat. Ein gewisser Einfluſs des Gehörorgans auf das Gesichts-, Geschmacks-, Geruchs- und Gefühlsorgan, sowie auch auf die Temperatur (und teilweise umgekehrt), ist durch die Beobachtungen von V. URBANTSCHITSCH*) auſser allen Zweifel gesetzt worden. Welchen Charakter diese Veränderungen haben, ist mikroskopisch festzustellen bisher noch nicht gelungen.

Beobachtungen **Böttchers** (1873), **Curschmanns** (1874), **Bertholds** (1874) und **Bornhardts** (1875).

Diese Forscher konstatierten nur die Thatsache, daſs die Extremitäten nach Verletzungen der Kanäle eine Schwäche zeigten (S. 291, 292). Die Natur dieser Bewegungsstörungen ist aber erst von SPAMER und EWALD näher erforscht worden.

Beobachtung **Bornhardts** (1875).

Einfluſs des Sehens auf die Bewegungen nach Durchschneidung der Kanäle. Durchschneidung beider Horizontalkanäle.

1. Die vor der Blendung kaum merkliche Bewegung der bulbi wurde sofort nach der Blendung äuſserst deutlich und vollzog sich nach rechts, während die Kopfbewegungen in derselben Richtung *bedeutend schwächer*

*) URBANTSCHITSCH. Über den Einfluſs von Trigeminusreizen auf die Sinnesempfindungen, insbesondere auf den Gesichtssinn. PFLÜGERs Archiv Bd. 30.

Über den Einfluſs der anderen Organe auf das Gehör s. URBANTSCHITSCH in PFLÜGERs Archiv Bd. 41, und über den Einfluſs der Gehörsempfindungen auf die übrigen Sinnesorgane PFLÜGERs Archiv Bd. 42. 1888.

waren, und der Kopf sichtlich nur der heftigen, ruckweisen *Rechtsbewegung* der Augen folgte.

2. Diese konsekutive Kopfbewegung wird auch an nichtgeblendeten Tauben sehr deutlich wahrgenommen. Hält man den Kopf am Schnabel fest, so setzt sich die Bewegung der Augen mit derselben Stärke fort.

Beobachtung **Cyons** (1878).

Alle Beobachter, welche Versuche über die Bogengänge angestellt haben, hatten Gelegenheit, eine interessante Wahrnehmung zu machen, die für unsere Theorie des Sehschwindels ein hohes Interesse bietet.

Sobald die Tauben nach Verletzungen der Bogengänge fähig werden, ohne besondere Mühe zu gehen, eilen sie in irgend eine *dunkle* Ecke und bleiben dort unbeweglich sitzen, wenigstens so lange sie keine äufsere Ursache zwingt, ihren Schlupfwinkel zu verlassen.

Auf den ersten Blick könnte man annehmen, dafs das sich mit Mühe im Gleichgewicht haltende Tier einen Stützpunkt an der Wand suche. Man überzeugt sich jedoch leicht, dafs die Annahme eine falsche ist: statt sich gegen die Wand zu lehnen, steht die Taube frei und begnügt sich damit, den Kopf in die dunkle Ecke zu stecken.

Befindet sich nebenbei ein dunkleres Zimmer, so kann man versichert sein, dafs die Taube sich in demselben zu verstecken sucht.

Sogar wenn die Operation auf nur zwei Kanäle — besonders wenn diese unsymmetrisch waren — beschränkt war, und wenn die Durchschneidung der membranösen Kanäle vorsichtig ausgeführt wurde, konnte man sehen, wie die Taube, sobald sie frei war, in eine dunkle Ecke lief.

Dieselbe Erscheinung wird auch an Kaninchen mit durchschnittenen Bogengängen beobachtet, sobald sie im stande sind, sich fortzubewegen; solche Kaninchen findet man oft mit geschlossenen Augen in einem dunkeln Winkel vor.

Werden der Taube sofort nach der Operation an den Bogengängen die Augen mittels einer Kappe verhüllt, so rührt sie sich entweder nicht von der Stelle, oder aber, wenn sie sich bewegt, hat sie durchaus nicht das Bestreben, einen dunklen Winkel aufzusuchen.

In denjenigen Fällen, wo die Operation Nystagmus oder schwingende Bewegungen des Kopfes bei den Tauben hervorrief, ist diese Lichtscheu leicht zu erklären; in diesen Fällen findet der Sehschwindel, der die Taube antreibt, die Dunkelheit zu suchen, in den Bewegungen der Netzhaut seine Erklärung.

Beobachtungen **Spamers** (1880).

Eine ruhig stehende Taube läfst sich nach der verletzten Seite ungleich leichter hinüber drücken, als nach der unverletzten Seite. Letzteres ist ohne allen Zweifel ein Folge davon, dafs das Bein und die ganze Körperhälfte der operierten Seite weniger Widerstand leistet, als die gesunde Seite. Die geschilderte Erscheinung ist mit einer excessiven Muskelaktion auf der verletzten Seite zwar nicht in Einklang zu bringen, Spamer will sie aber trotzdem nicht ausgeschlossen wissen.

Beobachtungen **R. Ewalds** (1888 und 1890).[210])

I. Nach Extraktion der Bogengänge und des Vorhofs mit nachfolgendem Plombieren der Höhlung (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden) knickten die Tauben beim Gehen ein; zugleich konnte man Erscheinungen von Atrophie der gesamten quergestreiften Muskulatur konstatieren. (Darüber, ob diese Atrophie mikroskopisch konstatiert wurde, wird nichts gesagt. Ref.)

II. Es wurde der *rechte* utriculus mit seinen 3 Ampullen und 3 Kanälen entfernt und die Höhlung mit (Platinamalgam-)Plomben ausgefüllt. An einer solchen Taube konnte man sich überzeugen, dafs die Extremitäten der operierten Seite schwächer waren als diejenigen der gesunden.

1. Man hält die Taube in den Händen oder befestigt sie auf einem Gestell und bindet an langen Fäden hängende Gewichte an die freien Beine. Ein 50—100 Grammgewicht reicht vollkommen aus, um die rechte Extremität zu strecken. Es gelingt jedoch nicht, mit diesem Gewicht die linke zu strecken. Ein 100—200 Grammgewicht streckt beide Extremitäten. Macht die Taube Befreiungsversuche, so hebt die linke Extremität das Gewicht höher als die rechte.

Beim Einknicken bemerkt man gleichfalls einen Unterschied in der Stärke. Hierzu braucht man den Vogel nur auf den Rücken zu legen.

2. Die Muskelkraft des rechten Flügels ist vermindert. Um sich hiervon zu überzeugen, fafst man die Taube mit der einen Hand beim Schnabel, mit der andern bei den Beinen und streckt das Tier mit nach oben gewandtem Rücken in der Horizontalebene aus. Die Taube versucht sich zu befreien und beginnt mit den Flügeln zu schlagen; der rechte Flügel führt die Bewegungen mit geringerer Energie aus als der linke.

3. Die Taube wird vermittels eines Fadens an den Beinen aufgehängt. Beim Schlagen mit den Flügeln dreht sie sich, infolge der energischen Arbeit des linken Flügels, nach links.

Mit Hilfe des Maximumdynamometers gelang es auch, den Unterschied in der Kraft der Flügel zu messen (Zahlen sind nicht angegeben).

4. Der Hals des ruhig sitzenden Tieres nimmt eine vollkommen normale Stellung ein. Hierauf dreht man mittels eines am Kopfe befestigten Drahts denselben um 180° nach rechts oder links. Die Taube sucht den Kopf wieder in die normale Stellung zu bringen. Aus der gröfseren oder geringeren Zerrung des Drahts schliefst man auf das Mafs der angewendeten Kraft, die bei der Drehung nach rechts bedeutend geringer ist, als bei derjenigen nach links.

5. Man bemerkt an der Taube auch Abschwächung der Kaubewegungen, der Bewegungen der Zunge, der Augenlider und der Stimmbänder. Bemerkenswert ist, dafs Singvögel nach der Operation nur schwache, heisere Töne von sich geben. (Dies kann von der Taubheit herrühren. S. die Versuche Munks S. 138 an Hunden, die infolge von Taubheit zu bellen aufhörten. Ref.)

6. Die Taube wird auf eine glatte Fläche gesetzt. Bemüht man sich, das Tier mit der Hand nach links zu schieben, so stützt sie sich fest auf

---

[210]) R. Ewald. Zur Physiologie der Bogengänge. Tageblatt der 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Köln vom 18.—23. September 1888, p. 74—76.

R. Ewald. Über motorische Störungen nach Verletzungen der Bogengänge. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1890. No. 7. p. 114—116. No. 8. p. 130—132.

das linke Bein, welches sie schräg stellt (eine Bestätigung des Versuches Spamers, Ref.). Man kann sie jedoch ohne Änderung der Beinstellung von der Stelle schieben. Schiebt man den Vogel nach rechts, so bemerkt man keine Bewegung des rechten Beines, und die Hand empfindet kein Hindernis. Bei Gefahr des Umkippens macht das rechte Bein schnell einen Schritt nach rechts. Demnach fehlte hier die willkürliche Bewegung, und es blieb nur eine reflektorische übrig.

7. Bei einer Gefahr von links biegt sich das Tier nach rechts, einen Kreis beschreibend. Dabei arbeitet nur die linke Extremität. Bei Annäherung einer Gefahr von rechts macht die Taube keinen Versuch, sich nach links zu biegen (Beobachtung Böttchers).

8. Die Taube wird in der Weise auf ein Thermometerfutteral gesetzt, dafs sich die Beine auf den ausziehbaren Hälften befinden. Beim Auseinanderziehen gehen die Beine nach den Seiten auseinander, um beim Zusammenziehen des Futterals sich wieder zu nähern. Hierbei entfernt sich stets nur die linke Extremität von der rechten, resp. nähert sich ihr.

9. Eine Veränderung in der Sensibilität der Haut und der Muskeln war nicht nachzuweisen. Das Tier balancierte gut. Bei Drehung auf der Centrifuge wurden verminderte Reactionsbewegungen beobachtet.*)

Beobachtungen über das aktive und passive Drehen des Menschen und der Tiere.

Schon längst war die Thatsache beobachtet, dafs beim Menschen, nachdem er sich eine Zeitlang gedreht, ein eigentümlicher Zustand subjektiver Empfindungen unter Verlust des Gleichgewichts eintritt. Die Gesamtheit dieser Symptome wird gewöhnlich mit dem Wort *Schwindel* bezeichnet. Dieses interessante Symptom, das so oft im normalen Zustande und in pathologischen Fällen beobachtet worden ist, wurde schon am Anfange dieses Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlicher Forschung.

Zuerst suchten der ältere Darwin und gleich nach ihm Purkinje diese verwickelte Erscheinung zu definieren und ihre Ursachen näher festzustellen. Purkinje lokalisierte die Ursache des Schwindels im Gehirn. Bis in die allerjüngste Zeit teilte man im allgemeinen diese Ansicht, als durch die Beobachtung verschiedener, bis dahin unbekannter Thatsachen die Aufmerksamkeit auf das Ungenügende einer solchen Erklärung gelenkt wurde. Einige Forscher brachten den Schwindel mit der Änderung der Kopfstellung oder mit einer anormalen Funktion der Augenmuskulatur in Zusammenhang. Als Goltz jedoch (1870) im

*) Beobachtungen R. Ewalds (1892). (Siehe das Original. Kap. VIII, p. 166—176. Störungen, welche in gar keinem Zusammenhange mit irgend welchen Kopfbewegungen oder deren Ausfall stehen.

(Vgl. Ewalds Experimente unter 19 u. 20 S. 258—260 dieses Werks.)

Vorhof und den Bogengängen ein spezielles Sinnesorgan für die Bestimmung der Stellung des Kopfes und damit auch des ganzen Körpers erkannte, verlegte eine grofse Zahl von Autoren den Entstehungsort des Schwindels in das Ohrlabyrinth. Für die letztere Annahme sprach die Regelmäfsigkeit, mit welcher *Scheinbewegungen* nach aktiver oder passiver Drehung auftraten. Es stellte sich heraus, dafs diese *subjektiven Empfindungen* mit einer der Ebenen der Bogengänge zusammenfallen. Letzterer Umstand führte sofort auf den Gedanken, dafs nach Reizung der Bogengänge die Tiere Schwindel empfinden müssen, der zu einer ganzen Reihe kompensatorischer, auf Erhaltung des stabilen Gleichgewichts des Körpers gerichteter Bewegungen führt. In welcher Weise man dieses zu erklären suchte, werden wir weiter unten sehen. Vorher wollen wir an die Betrachtung des als Schwindel bezeichneten Symptomenkomplexes herangehen.

Der subjektive Zustand, welcher die Empfindung einer *scheinbaren* Bewegung des empfindenden Organismus selbst oder der ihn umgebenden Körper bedingt, wird *Schwindel* genannt. Es ist noch nicht gelungen, diesen sehr verwickelten Prozefs, der eine Störung des Gleichgewichts nach sich zieht, vollständig zu analysieren. Die Entscheidung dieser Frage ist gleichbedeutend mit der Bestimmung und Erklärung des Anteils, den die einzelnen Gewebegruppen (die Muskeln mit den Sehnen, die Gelenkbänder, Gelenkknorpel, Knochen), sowie alle Sinnesorgane und der psychische Zustand an den sogenannten kompensatorischen Bewegungen nehmen, welche letztere in Anbetracht des labilen Gleichgewichts unseres Körpers bei der Orientierung im Raume notwendig sind. Alle diese Frage betreffenden physiologischen Versuche sollen hier im Détail nicht angeführt werden, da dieses den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten würde; wir wollen uns vielmehr auf die Darstellung der wesentlichen Beobachtungen und Folgerungen beschränken, deren Kenntnis zum Verständnis der weiter unten angeführten hypothetischen Ansichten der verschiedenen Forscher unerläfslich ist.

Viele Ursachen rufen den Schwindel hervor:

1) Die Bewegung.

2) Der elektrische Strom.

3) Störung der Blutzirkulation.

4) Stehen auf einer Höhe oder an einem Abgrund.

5) Störung der Funktionen der Augenmuskel.

6) Bisweilen (nach der Meinung einiger) Refraktions- und Akkomodationsanomalien.

7) Erkrankungen des Ohrlabyrinths.

8) Affectionen des Centralnervensystems.

9) Schwindel entsteht ferner auf reflektorischem Wege von den inneren Organen aus durch direkte Einwirkung auf die Nervencentren oder durch deren Einwirkung auf eins der oben angeführten Organe.

10) Durch die Anwendung pharmakologischer Mittel, welche direkt auf die Nervencentren oder durch deren Vermittelung auf eins der angeführten Organe wirken, und endlich

11) durch schnellen Wechsel der Sinneserscheinungen.[211])

Die Schwindelerscheinungen sind, wie bereits bemerkt, zuerst von dem älteren DARWIN[212]) und PURKINJE[213]) untersucht worden.

Schwindel infolge von Bewegung (Bewegungsschwindel).

Die Bewegungen, durch welche Schwindel verursacht wird, können *aktive* und *passive* sein. Im ersten Falle bewegt sich der Experimentierende selbst, im zweiten wird er, ohne dafs es hierzu seines Zuthuns bedarf, durch äufsere Gewalteinwirkung in Bewegung gesetzt. Wie die aktiven, können auch die passiven Bewegungen kreisförmig (drehend) und geradlinig sein.

Beobachtungen **Purkinjes**

über die Erscheinungen nach aktiver Drehung und Bewegung.

1. a) Ein bekannter Versuch. Streckt man den Kopf mit nach vorn gerichteten Augen gerade und dreht man sich um die Vertikalaxe des Körpers, so bewegen sich die Gegenstände, welche man erblickt, *scheinbar* nach der

---

[211]) MARCUS HERZ. Versuch über den Schwindel. Berlin 1791. Keine Versuche. Es wies zuerst auf die Möglichkeit des Schwindels infolge schneller Aufeinanderfolge der Vorstellungen hin. Im Normalzustande bedürfen zwei nacheinander folgende Sinneserscheinungen eines gewissen Zwischenzeitraums.

[212]) DARWIN senior. Zoonomia (übers. v. GIRTANNER). Er wufste bereits von Scheinbewegungen nach Änderung der Kopfstellung.

[213]) JOHANN PURKINJE (Purkině). Beiträge zur näheren Kenntnis des Schwindels aus heautognostischen Daten. Prag. Mediz. Jahrbüch. d. k.-k. österreich. Staates. Bd. 6. 2. Stück. p. 79—125. Wien 1820.

Anmerkung: „heautognostisch" ist einem Werke GRUITHUISENs entnommen. Heautognosis bedeutet Selbsterkenntnis. PURKINJE gebrauchte dieses Wort an Stelle von empirischer Psychologie. Andere Abhandlungen P.s über Schwindel und Scheinbewegungen sind im „Vierten Bulletin der naturwissenschaftl. Sektion der schlesischen Gesellsch. für vaterländische Kultur, 1825, p. 8 (Aufserordentliche Beilage zu No. 86 der neuen Breslauer Zeitung.)" enthalten.

Zehntes Bulletin den 30. November 1825. Aufserord. Beilage No. 8. Breslau, den 14. Januar 1826.

Zweites Bulletin 1826. Aufserordentl. Beilage No. 43. Breslau, den 16. März 1826.

Diese Mitteilungen, die jetzt eine Seltenheit bilden, sind von HERM. AUBERT (1880) der Übersetzung der Abhandlung von YVES DELAGE über das Orientieren beigelegt worden. S. weiter unten.

Ein weniger vollständiges Referat steht in RUSTs Magazin 1827. —

Definition: „Vorläufig definiere ich den Schwindel als eine durch subjektive Zustände bedingte Scheinbewegung der Sinneserscheinungen, die durch eine Täuschung aufs Objektive übertragen wird."

entgegengesetzten Seite, anfangs langsam, aber bei allmählicher Beschleunigung beginnen sich die Kontouren der Gegenstände zu verwischen. Die Drehung selbst wird infolge der unwillkürlichen Beschleunigung mit immer gröfserer Leichtigkeit und Geschwindigkeit ausgeführt. Hält man nun still, indem man sich an irgend etwas festhält, so scheinen die Gegenstände, die man sieht, sich in derselben Richtung weiter zu drehen. Eine gewisse Kraft ist bestrebt, den Körper nach derselben Richtung zu ziehen. Um dem sich zu widersetzen und sich im Gleichgewicht zu halten, bedarf es der Anwendung von Muskelkraft.

Das Gehör ist leicht abgestumpft.

b) Sobald man nach Drehen mit geschlossenen Augen dieselben öffnet, treten die nämlichen Erscheinungen auf. Beim Betasten der nächsten Gegenstände scheint es, als wenn sich dieselben in umgekehrter Richtung bewegten.

c) Setzt man die Drehung nach einer Seite plötzlich in der entgegengesetzten Richtung fort, so ist weit längere Zeit erforderlich, damit die oben beschriebenen Schwindelerscheinungen auftreten.

2. Man dreht sich mit *aufwärts* gewandtem Gesicht.

a) Hält man in der Bewegung ohne Änderung der Haltung inne, so scheinen die umgebenden Gegenstände sowie der eigene Körper sich in einer Horizontalebene in entgegengesetzter Richtung weiter zu bewegen.

b) Bringt man den Kopf in die Vertikalstellung, so bemerkt man, dafs sich die Gegenstände auf der Peripherie eines Kreises bewegen, welcher sich vor dem Gesicht befindet und dessen Axe durch das Centrum des Gesichtsfeldes sagittal durch den Kopf (von hinten nach vorn) verläuft.

Nach Drehen mit *abwärts* gebogenem *Gesicht* beobachtet man dasselbe, nur in stärkerem Mafse.

3. Der Kopf wird stark nach der *rechten Schulter* geneigt.

a) Beim Stillhalten bewegen sich die Gegenstände horizontal in entgegengesetzter Richtung. Bei geschlossenen Augen scheinen sich alle Gegenstände, welche man betastet, in einer Horizontalebene um eine durch den erfafsten Gegenstand gehende vertikale Axe zu drehen.

b) Beim Geradestrecken des Kopfes bemerkt man, dafs alles, was man sieht und betastet, sich *von unten nach oben* (von vorn nach hinten. Ref.) bewegt, wenn man sich nach *rechts* drehte, und *von oben nach unten* (von hinten nach vorn. Ref.), wenn die Drehung nach *links* erfolgt war. Hierbei mufs man einen festen Halt suchen, um nicht im ersten Falle nach *hinten* und im zweiten nach *vorn* überzufallen. Bei geschlossenen Augen scheint es, als ob der Boden sich nach hinten neige.

c) Dasselbe beobachtet man bei Neigung des Kopfes nach der *linken Schulter*, nur in umgekehrter Richtung. (Beim Geradestrecken des Kopfes bemerkt man, dafs alles, was man sieht und betastet, sich *von oben nach unten* bewegt, wenn man sich nach *rechts* drehte, und *von unten nach oben*, wenn man sich nach *links* drehte.) Dasselbe bei geschlossenen Augen.

4. Der Kopf wird so weit geneigt, dafs man zwischen den Beinen hindurch die Gegenstände erblicken kann. Nachdem dies geschehen, führt man in dieser Stellung einige Drehungen aus, richtet sich auf und bleibt stehen. Alles scheint sich nun auf einem *Kegel* zu bewegen, dessen Spitze nach den Beinen hin gerichtet ist.

5. Man dreht sich mit *schräg aufwärts* gewandtem Gesicht.

Nach Stillhalten und Aufrichten des Kopfes bewegt sich alles auf einer *schiefen* Ebene. Man mufs sich festhalten, um nicht zu fallen.

Aus den angeführten Versuchen kann man folgende allgemeine Regel ableiten: Die scheinbare Bewegung geschieht in der Weise, „dafs der Durchschnitt des Kopfes (als einer Kugel), um dessen Axe die erste Bewegung geschah, die Schwindelbewegung bei jeder nachmaligen Lage des Kopfes unveränderlich bestimmt".

In den oben geschilderten Versuchen war der Schwindel durch Kreisbewegung bedingt; ähnliche Scheinbewegungen empfindet man auch bei *geradliniger* Bewegung des Körpers. Letzteres beobachtet man häufig an nervösen Personen beim Rückwärts-, bisweilen sogar beim Vorwärtsfahren.

7. Zum Versuch bedient man sich einer horizontal im Kreise drehbaren Vorrichtung (Karrussel, Ringelspiel).

a) Der Körper befindet sich auf der Peripherie in vertikaler Stellung. Nachdem er sich eine Stunde lang gedreht hat, bleibt in den Beinen ein *Bestreben vorwärts* zu gehen zurück, wobei das Bein, das sich der Peripherie näher befand, beim Gehen seitwärts abweicht. Während des Drehens selbst hat man ein Gefühl von Schwere in demselben.

b) Man streckt sich horizontal mit peripheriewärts gewandtem Gesicht auf dem Kreise aus. Es scheint, als wenn der Kopf nach unten hinge: das Blut strömt nach dem Kopf, man fühlt in demselben Pulsationen, es ist, als würde er auseinander getrieben; die Brust ist beklommen, die Beine werden kalt und gefühllos. Ganz das Gegenteil beobachtet man, wenn der Kopf nach dem Centrum gerichtet ist. Die Beine scheinen sich gegen eine Wand zu stemmen. Im Kopfe hat man anfangs ein Gefühl der Leichtigkeit; bald wird das Gesicht bleich; es tritt Ohnmacht ein. Die Beine sind wie mit Blei gefüllt.

c) Nach Schaukeln bleibt Schwere im Kopfe zurück, auch ist das Rückwärts- und Vorwärtsgehen erschwert: die Beine werden von einer gewissen Kraft festgehalten; hingegen lassen sich Seitenbewegungen nach rechts und links mit grofser Leichtigkeit ausführen.

Erklärung **Purkinjes** (1820—25—26).

Die Erscheinungen des Bewegungsschwindels sind teils durch das Sehorgan, teils durch den Tastsinn und durch das Blutgefäfssystem bedingt.

1. Die Scheinbewegung der gesehenen Gegenstände nennen wir (mit Darwin) *Augen*schwindel. Die Augen können den Gegenständen folgen, solange die Drehbewegungen nicht sonderlich schnell sind. Sodann können sie aber, infolge einer mit krampfhaften Zuckungen verbundenen Ermüdung und Erstarrung der Augenmuskeln, mit der Bewegung des Körpers nicht gleichen Schritt halten; die Gegenstände scheinen bald still zu stehen, bald sich zu bewegen. Auch dieses vergeht, und die Augen vollführen die Bewegung in Übereinstimmung mit dem Körper. Fixiert man gleich von Anfang einen festen Punkt, indem man z. B. den Blick auf den vorgehaltenen Finger richtet, so ist die Bewegung der Gegenstände vollkommen gleichförmig. Der Schwindel ist demnach eine Folge der oscillierenden, durch den schnellen Wechsel der fixierten Punkte verursachten Bewegungen der Augäpfel. Hiervon kann man sich leicht durch Betasten der eigenen und fremder Augen überzeugen. Beim Stillhalten kann man den Schwindel sofort unterbrechen, indem man einen den Augen genäherten Finger fixiert. Der Augenschwindel ist durch den Widerstreit unbewufster, unwillkürlicher Muskelaktionen einerseits und bewufster, willkürlicher, in der entgegengesetzten Richtung wirkender Aktionen anderseits bedingt. Die unbewufsten

Bewegungen werden auf die Gegenstände übertragen, während sich in Wirklichkeit nur die Augen bewegen. Man kann dies mit der passiven Bewegung vergleichen, die bei seitlichem Druck des Fingers auf den Augapfel beobachtet wird.

Von dem Einflufs der Augenbewegung auf die Entstehung der Scheinbewegung kann man sich aufserdem durch folgenden Versuch überzeugen: Fixiert man einen Gegenstand mit sehr schräg gestellten Augen, so scheint derselbe das Bestreben zu haben davonzueilen, und das Auge mufs immer wieder neue Anstrengungen machen, um ihn zu fixieren. Diese Erscheinung erklärt sich durch die Aktion der Antagonistenmuskeln, die den Augapfel unbewufst in seine gewöhnliche Stellung zu bringen suchen. Bringt man nach dieser Stellung die Augen in die Mittelstellung, so tritt eine Scheinbewegung nach der entgegengesetzten Richtung auf, was seinen Grund in dem Bestreben der in Aktion gewesenen Muskeln hat, die frühere Lage wieder einzunehmen.

Bisweilen tritt nach starker körperlicher Anstrengung infolge des gesteigerten Pulsierens der Blutgefäfse Scheinbewegung ein. Sehschwindel nach Genufs von Spirituosen ist eine Folge einer krampfhaften Aktion der Iris und der Unmöglichkeit, die einzelnen Gegenstände zu fixieren.

2. Die zweite Erscheinung beim Schwindel ist die fühlbare Drehung der sichtbaren Gegenstände (*Tast*schwindel).

Die erste Art des Tastschwindels besteht darin, dafs die in Ruhe befindlichen Gegenstände sich zu bewegen scheinen. Nach der Drehung haben die Teile des Organismus die unwillkürliche Tendenz zu weiterer Bewegung, die auf das umgebende Mittel nunmehr übertragen wird. Die beim Betasten infolge Änderung der Kopfstellung auftretende Scheinbewegung der Gegenstände ist bereits oben erwähnt worden.

Die zweite Art des Tastschwindels betrifft nicht sowohl die äufseren Gegenstände, als den eigenen Körper. Im gewöhnlichen Zustande empfindet das Muskelsystem die Schwere des eigenen Körpers; diese Schwere erscheint dem durch Krankheit Geschwächten als eine ungewöhnliche Last. Wie man diese Empfindung auch nennen mag, „Schwerheitssinn“, „Kraftgefühl“ oder „Muskelsinn“, jedenfalls läuft es bei näherer Betrachtung auf ein *Gefühl* hinaus (Gruithuisen 1810). Wenn man stehend in jede Hand ein ziemlich beträchtliches Gewicht nimmt, so scheint nach einiger Zeit die Schwere zuzunehmen. Läfst man die Gewichte los, so hat man die Empfindung einer gradlinigen Bewegung der Hände nach oben und einer Verkürzung derselben. Ist man mit den Gewichten in den Händen gegangen, so erscheint das Gehen, nachdem man sich ihrer entledigt, leichter. War bis dahin nur in einer Hand ein Gewicht, so tritt Krümmen des Körpers nach der freien Seite auf. Nach Drehen mit beiden Gewichten bleibt das Bestreben zurück, eben diese Bewegung fortzusetzen. Ist man mit den Gewichten an den Beinen gegangen, so wird nach Entfernung derselben das Gehen aufserordentlich leicht und es werden hierbei die Beine höher gehoben als gewöhnlich.

Nach Drehbewegungen wird Hörschwindel nicht wahrgenommen. Versetzt man sich durch Drehung mit geschlossenen Augen in Schwindel und läfst darauf in einiger Entfernung die Saite einer Violine tönen, so gibt man die Schallrichtung richtig an.

Ein Teil der Schwindelerscheinungen kann durch die Thätigkeit der Augenmuskeln erklärt werden.

Die Richtungsänderung der Scheinbewegung ist von der Stellung des Kopfes und folglich von der des Gehirns abhängig. Nach der Drehung

empfindet man im Kopfe einen leichten Druck nach der Seite, die der Richtung der stattgehabten Drehung entgegengesetzt ist, dazu ein Gefühl der Schwere. Diese Erscheinungen können in der unregelmäfsigen Verteilung des Blutes in den Organen, speziell im Gehirn, und in der *mechanischen Isolierung der Nervenelemente der zarten, halbflüssigen Gehirnmasse ihren Ursprung haben*; diese Erscheinung mufs an der Peripherie des Gehirns stärker hervortreten. Die so auftretenden *Veränderungen in der Cohäsion**) reizen das Gehirn und *führen zu der Störung des Gleichgewichts im System der willkürlichen Bewegungen*. Die ausgesprochene Vermutung wird durch FLOURENS' Versuche über das Kleinhirn, das Organ, welches die Koordination der Bewegungen regelt, bestätigt. Durch Verletzungen verschiedener Teile des Grofs- und des Kleinhirns werden Drehschwindel in verschiedenen Ebenen, sowie entsprechende, auf Aufrechterhaltung des gestörten Gleichgewichts abzielende, konvulsivische Bewegungen verursacht. Demnach liegt die Endursache aller Schwindelbewegungen *im Gehirn*.

Beobachtungen **E. Machs** (1873—4—5).

Bei den Versuchen PURKINJES war es infolge der aktiven Beteiligung der Muskulatur und der andern Gewebe, sowie infolge der späteren Bestrebungen, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, nicht möglich, die Erscheinungen abzugrenzen, die durch Drehung des Kopfes und des übrigen Körpers hervorgerufen werden. Um also weniger komplizierte Versuche zu erhalten, in denen durch die in den Gliedern zurückbleibenden Empfindungen die eigentlichen Bewegungsempfindungen nicht verdunkelt werden könnten, nahm MACH seine Zuflucht zu *passiven* Drehungen, die aus dem Drehungsakt die Thätigkeit der Glieder eliminieren, und wo jede stärkere oder schwächere Störung des Gleichgewichts von einem Reflex oder einer kompensatorischen, auf die Aufrechterhaltung des gestörten Gleichgewichts gerichteten Bewegung begleitet ist. Am klarsten erhält man die Versuche, wenn man einen unterstützten Körper in passive Drehung versetzt, wobei die Muskelarbeit auf ein Minimum reduziert ist. In diesem Falle bediente sich M. bei seinen Versuchen folgenden Apparats. (S. umstehende Figur.)

Derselbe stellt einen vertikal aufgestellten, 4 m langen und 2 m hohen Rahmen dar, welcher um eine durch seine Mitte gehende vertikale Axe drehbar ist. In demselben befindet sich ein kleinerer Rahmen *r*, der sich gleichfalls um die Vertikalaxe *a*, welche in beliebiger Entfernung von der Axe *a*

---

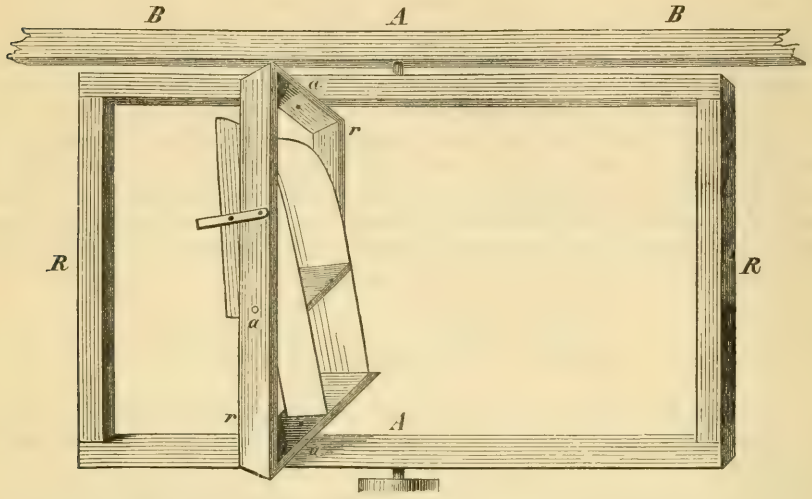
*) Bulletin vom 30. November 1825.

„Herr Prof. PURKINJE leitet dieses von der durch Schwungbewegung der zarten halbflüssigen Hirnmasse mitgeteilten, beginnenden Cohäsions-Veränderung ab, die, indem sie das Gehirn zur Reaktion auffordert, eine Störung des Gleichgewichts in dem System der willkürlichen Bewegungen zur Folge hat. Diese Ansicht wird durch die neuerlichen Versuche von FLOURENS über die Bestimmung des kleinen Gehirns, die Bewegungen zu ordnen, noch mehr bestätigt und wirft hinwiederum ein neues Licht auf dieselben zurück."

„Das allgemeine Resultat dieser Betrachtungen und Versuche ist, dafs bei FLOURENS' Experimenten nach Verwundung und Hinwegnahme verschiedener Teile des grofsen und kleinen Gehirns *verschiedene Richtungsschwindel* erregt werden, die jene scheinbar konvulsivischen Bewegungen als Versuche, das verlorene Gleichgewicht wieder zu erlangen, zur Folge haben."

befestigt werden kann, drehen läfst. In den kleineren Rahmen ist ein Stuhl hineingepafst, dem man um die Horizontalaxe α eine beliebige Lage geben

Fig. 80.



kann. Der auf diesem Stuhle sitzende Beobachter kann entweder um die Axe *A* oder in gröfserer oder geringerer Entfernung von derselben gedreht werden. Durch Drehung des Stuhles um die Horizontalaxe kann er seinen Körper in eine horizontale Lage bringen. Um dem Sehschwindel vorzubeugen, wird der ganze Apparat von einem Papierkasten überdeckt.

1. Versuch. Der in dem Papierkasten befindliche Beobachter sitzt auf dem Stuhl des Apparats. Allmählich bringt man ihn aus der vertikalen Stellung in die horizontale Rückenlage, wobei er mittels eines Stockes die Vertikalrichtung angeben mufs. Anfangs sind seine Angaben ziemlich richtig; je tiefer er dann aber zu liegen kommt, desto stärker weichen sie von der perpendikulären Richtung ab.

2. Versuch. Der Beobachter wird in aufrechter, sitzender Stellung um die Vertikalaxe *A* gedreht. Jede *Beschleunigung* oder *Verzögerung* der Drehung wird von ihm sofort *wahrgenommen*. Sowie aber die Drehung einige Sekunden lang *gleichförmig* ist, *hört* der Beobachter *auf*, die Drehung zu *merken*. Bei jeder Verzögerung der Drehung tritt sofort ein Gefühl von *Gegendrehung* auf, die beim plötzlichen Stillstehen des Apparats einige Sekunden lang sehr stark empfunden wird. In diesem Augenblick scheint es, als wenn man mit dem Kopfe in einen zähen Brei gefallen wäre; daneben empfindet man einen Widerstand, der mit dem Gefühl einer Drehung im entgegengesetzten Sinne zu der stattgefundenen verbunden ist.

Folgerung: *Wir sind im stande, wohl eine Beschleunigung oder eine Verzögerung der Bewegung, nicht aber eine gleichförmige Bewegung zu empfinden.**)

Der aufrecht sitzende Beobachter wird in Drehung versetzt. Nach dem Anhalten hat er folgende Empfindung: es scheint ihm, als ob das Gehäuse

---

*) „Man empfindet also nicht Winkelgeschwindigkeit, sondern die Winkelbeschleunigung.“

sich in der entgegengesetzten Richtung drehe. Wenn in diesem Augenblick das Gehäuse rasch geöffnet wird, so kommt es dem Beobachter vor, als ob der „sichtbare Raum sich in einem zweiten Raum drehen würde, den man für unverrückt festhält, obgleich letzteren nicht das mindeste Sichtbare kennzeichnet. Man möchte glauben, dafs hinter dem Sehraum ein zweiter Raum steht, auf welchen ersterer immer bezogen wird."

3. Versuch. Hält man während des Drehens auf $1\frac{1}{2}$ oder 2 Sekunden an und dreht dann in der nämlichen Richtung weiter, so verschwindet die während des Stillhaltens auftretende Empfindung einer Gegendrehung.

Folgerung: Die durch Drehung erregte Schwindelempfindung hat eine gewisse Dauer und kann unter dem Einflusse einer Drehung nach der der scheinbaren Schwindelrichtung entgegengesetzten Seite verschwinden. *)

4. Versuch. Man wird mit nach vorn gesenktem Kopfe von links nach rechts gedreht. Beim Stillhalten tritt eine scheinbare Bewegung *von rechts nach vorn links* auf, beim Aufrichten des Kopfes aber *von rechts nach oben links* unter der Gefahr, seitlich überzufallen. Auf diese Weise rückt die Axe der scheinbaren Drehung, die durch die ursprüngliche wirkliche Drehung bestimmt ist, mit dem Kopfe mit; ihre Lage im Kopfe ändert sich nicht. **) Zu demselben Schlusse gelangte bereits Purkinje.

5. Versuch. Der Stuhl wird 1 m von der Drehungsaxe weggerückt. Der im Gehäuse Sitzende verliert beim Eintritt der gleichförmigen Drehung die Empfindung der Drehung. Er glaubt gewissermafsen auf dem Rücken zu liegen.

Demnach wird die Richtung der bei der Drehung auftretenden Massenbeschleunigung für die Vertikale gehalten. ***)

Versuch. Der Beobachter sitzt auf einer Wagschale und wird durch ein auf die andere Schale gelegtes Gewicht in der Balance gehalten. Bei der Bewegung treten pendelartige Schwingungen auf. Auf der Wagschale sind die Beobachtungen besser anzustellen, als — nach Purkinje — auf der Schaukel; die Augen müssen geschlossen werden. Bei stärkeren Oscillationen empfindet der Beobachter, wenn er sich dem höchten Punkte nähert oder ihn erreicht hat, ein Gefühl des Fallens oder Sinkens. Bei Annäherung an den niedrigsten Punkt, oder nachdem er denselben erreicht hat, glaubt er zu steigen.

Denselben Versuch kann man auch auf der Galileischen schiefen Ebene, der Atwoodschen Fallmaschine und der Winde ausführen.

Folgerung: „Man ist also auch für Schwankungen in der Gröfse der Schwerebeschleunigung sehr empfindlich und empfindet bei Vertikalbewegungen nicht die Lage oder die Geschwindigkeit, sondern nur die Beschleunigung."

Alle in den Versuchen geschilderten Erscheinungen werden uns vollkommen verständlich, wenn wir die *Existenz der Empfindung der Winkelbeschleunigung zugeben.* †) Sind wir nur im stande, die Winkelbeschleunigung

---

*) Die durch eine Winkelbeschleunigung erzeugte Drehempfindung hat also eine beträchtliche Nachdauer und kann durch eine entgegengesetzte Winkelbeschleunigung aufgehoben werden."

**) „Man kann so zu sagen mit der nachdauernden Drehempfindung den Kopf in eine beliebige Lage bringen, und die Axe der scheinbaren Drehung, welche durch die anfängliche wirkliche Drehung bestimmt ist, macht alle Bewegungen des Kopfes mit, ihre Lage im Kopfe ist unveränderlich."

***) „Man empfindet die Richtung der resultierenden Massenbeschleunigung und hält diese für die Vertikale."

†) „Wir bemerken nur, dafs alle Erscheinungen sich von selbst verstehen,

(d. h. die Geschwindigkeit einer Kreisbewegung) zu empfinden, so wird jeder Stillstand in der Bewegung eben als Drehung nach der entgegengesetzten Seite empfunden.

Hiernach ist begreiflich, dafs die Empfindung der Beschleunigung *weit länger dauert*, als die Beschleunigung selbst. Mit dem Stillhalten hört die Massenbeschleunigung auf, während die Bewegung immer noch empfunden wird.

Man könnte noch die Empfindung einer Beschleunigung der Drehung durch die Empfindlichkeit des ganzen Körpers erklären, beobachtete man nicht bei einigen Versuchen den überwiegenden Einfluſs der Kopfstellung auf das Auftreten der Erscheinungen. „Damit ergiebt sich, *dafs ein sehr wichtiger*, wo nicht der wichtigste Beitrag der Bewegungsempfindungen im Kopfe ausgelöst ist.“

Versuche mit Heben und Senken des Körpers, sowie auch mit Änderung seiner Lage in einer horizontalen Ebene haben gezeigt, dafs die Annahme *der Existenz einer Empfindung progressiver Bewegungen* zulässig ist.

Die Drehungsempfindungen sind weit stärker ausgeprägt, als diejenigen progressiver Bewegungen.

Um sich jedoch noch genauer von der Lokalisation der Empfindung der Winkelbeschleunigung im Kopfe zu überzeugen, stellte MACH eine ganze Reihe von Versuchen an, durch die er den Anteil der einzelnen Gewebe an dem Zustandekommen dieser Empfindung zu bestimmen suchte. Die Vermutung ist zulässig, dafs die einzelnen Körperteile, infolge der Differenz in der Winkelbeschleunigung zweier in einer Linie gelegenen Teile, an dem Zustandekommen dieser Bewegungsempfindung beteiligt sind.

Auf Grund seiner Versuche kam MACH zu dem Schlufs, dafs, wenn auch das Bindegewebe nebst den Knochen, der Haut, den Muskeln, dem Blute, den Augen und dem Gehirn aus dem Akt der Entstehung der Bewegungsempfindung nicht absolut ausgeschlossen werden dürfen, sie trotzdem zusammengenommen zur Erklärung der besonderen Einzelheiten der beobachteten Erscheinungen nicht hinreichend sind. Infolge dieses Umstandes mufs man ein *besonderes peripheres Organ für die Bewegungsempfindungen annehmen*. Als solches erklärt MACH die Ampullen mit den Bogengängen. Die Entwickelung der weiteren hypothetischen Ansichten MACHs s. weiter unten.

Demnach kann man auf Grund der angeführten Versuche 3 *einfache Bewegungsempfindungen* annehmen:

1. Empfindungen der *Drehungsbeschleunigung*, 6 an der Zahl, entsprechend den 6 Ampullen, von denen jedes Paar in entgegengesetzten Richtungen funktioniert.

2. Empfindungen der *progressiven Bewegung*, deren es ebenso mindestens gegen 6 gibt.

3. Empfindungen der *Körperstellung* oder des *Körpergleichgewichts*, von deren Zahl und Eigenschaften wir noch wenig wissen.

Mit Hilfe dieser *Grundempfindungen* können wir uns in allen 3 Hauptrichtungen des Raumes orientieren.

---

wenn wir annehmen, dafs es eine Empfindung der Winkelbeschleunigung gibt. Wird die Winkelbeschleunigung empfunden, so mufs die aufhörende Drehung als eine entgegengesetzte Drehung empfunden werden, weil sie entgegengesetzt beschleunigt, d. h. verzögert ist.“

Einwand **Bornhardts** (1875) gegen **Mach.**

(l. c. p. 79.) In allen diesen Versuchen finden wir nur Beweise dafür, dafs weder bestimmtes Gewebe, noch ein bestimmter, verschiedenartig aus seiner Lage gebrachter Körperteil die Drehungsempfindungen hervorruft resp. die schon vorhandenen modifiziert. Da bei aktiven und passiven Drehungen des ganzen Körpers alle Gewebe und alle Körperteile Lageveränderungen erleiden, und da hierbei diese Lageveränderungen für jedes Gewebe und für jeden Körperteil bei ein und derselben Drehung verschieden sind, so reichen die Versuche MACHs nicht aus, um nachzuweisen, dafs nur die Bogengänge für die Drehungsempfindungen bestimmt sind.

Einwand **Cyons** (1878) gegen **Mach.**

Die Gründe, aus denen MACH bestimmte Nerven von der Beteiligung an den Bewegungsempfindungen ausschliefst, sind gröfstenteils oberflächlicher Natur. Er beschränkt sich darauf, einige Ansichten anzuführen, die die Beteiligung dieser Nerven an der Erregung von Bewegungsempfindungen *unwahrscheinlich* machen.

Breuer wiederholte (1874—75) **Purkinjes** Versuche mit einer Modifikation.

Um weniger komplizierte Erscheinungen zu erhalten, mufs man sich nach dem Drehen in einen Sessel werfen und die Augen schliefsen. In diesem Falle erhält man nach der Drehung des Körpers in der einen oder der andern Richtung klare und präcise Empfindungen. Man braucht nur die Augen zu öffnen, um sofort eine Komplikation, nämlich Sehschwindel, zu erhalten. In vertikaler Stellung treten reflektorische, auf Erhaltung des Gleichgewichts gerichtete Bewegungen und Tastschwindel auf. Um das Grundphänomen zu erhalten, mufs man die Augen schliefsen und sich in einen Sessel setzen.

Die Schwindelempfindung ist im Zustande der Ruhe weit schwächer als bei der Bewegung. Auf dieselbe Erscheinung stofsen wir auch in pathologischen Fällen. PURKINJE warf sich nach dem Drehen nicht in einen Sessel, sonst würde er gesehen haben, dafs die „Empfindung der Scheinbewegung das Primäre, alle übrigen Phänomene Veranlassende ist".

Das Drehen hat beim Menschen die *Vorstellung* einer Bewegung sowie *kompensierende* Bewegungen zur Folge; dieselbe Beobachtung macht man an Tieren. Bei einem um seine Längsaxe gedrehten Vogel behält der Kopf seine gewöhnliche Stellung mit aufwärts gewandtem Scheitel. Dasselbe beobachtet man auch, wenn sich die Vögel in jenem eigentümlichen kataleptischen, CZERMAKsche (1873) Hypnose genannten Zustande befinden. Wird eine hypnotisierte Taube um die Längsaxe des Körpers nach rechts gedreht, so führt sie mit dem Kopf eine *kompensierende* Bewegung nach links aus, wobei sie das eine Bein hebt und das andere streckt. Dies berechtigt uns zu dem Schlufs, dafs bei Vögeln die kompensierenden Bewegungen durch eine Bewegungsvorstellung infolge Änderung ihrer Rumpfstellung bedingt sind.

Jede Änderung der Kopfstellung ist von einer Bewegung der Augen begleitet.

Berührt man bei geschlossenen Augen einen Augapfel mit dem Finger und wendet den Kopf oder den ganzen Rumpf in einer Horizontal- oder Sagittalebene, so fühlt man nach einigen Drehungen des Kopfes eine plötz-

liche Bewegung des Augapfels in der Richtung der Drehung. Bei offenen Augen beobachtet man dasselbe. Bei Drehung des ganzen Rumpfes nehmen die Augäpfel an der allgemeinen Bewegung des Kopfes nie teil, sondern sie bewegen sich *ruckweise* energisch nach der Seite der Drehung. Nach einigen Wendungen kommen die Augen zur Ruhe.

Ist die Bewegung der Augen aktiver Natur, durch die kompensierenden Bewegungen der Augenmuskeln hervorgerufen, oder nicht?

Für die aktive Natur dieser Bewegungen sprechen folgende Umstände:

1. Nach der schnellen, energischen Bewegung der Augäpfel nach der Seite der Drehung müfsten sich dieselben, falls diese Bewegung den Charakter einer passiven trüge, ruhig und gleichmäfsig mit dem ganzen Kopfe drehen. Indessen sehen wir, dafs bei weiterer Drehung diese Bewegung der Augen sich unablässig wiederholt, so dafs nach einer ganzen Umdrehung des Körpers der Finger an 10 Stöfse zählt. Erst nach einigen Drehungen kommen die Augäpfel zur Ruhe.

2. Bei sehr rascher Drehung des Kopfes geraten die Gegenstände infolge der gleichförmigen, gleichzeitigen Bewegung der Augen und des Kopfes scheinbar in Bewegung.

Das scheint Breuer „ein Beweis dafür, dafs die kompensierende Bewegung eine aktive ist, dafs bei sehr rascher Kopfdrehung die Objekte sich zu bewegen scheinen; bei rascher Bewegung kann sich nun zwar die kompensierende Muskelaktion nicht entwickeln, jenes zurückhaltende Drehungsmoment aber müfste dabei am stärksten wirksam sein; es müfsten die bulbi also dabei ruhig bleiben, aber eben da drehen sie sich mit dem Kopfe".

Jede Änderung in der Kopf- und Rumpfstellung ist von entsprechenden Augenbewegungen begleitet. Dies ist vielfach konstatiert worden. Besonders gut kann man diese Erscheinungen an Erblindeten beobachten. Neigen sie den Kopf nach vorn, so bewegen sich die Augen nach oben, werfen sie den Kopf nach hinten, so bemerkt man eine Augenbewegung nach unten. Diese Verschiebung des Augapfels bildet nur einen kleinen Teil des vom Kopfe beschriebenen Winkels. An Blindgeborenen kann man infolge des beständigen Nystagmus keine Beobachtungen anstellen. An Tieren mit seitlichen Augen (Kaninchen) beobachtete Gräfe (Arch. für Ophthalmol. I.) kompensierende Raddrehungen. Er bemerkt, dafs es für das Auftreten derselben belanglos ist, ob sich der ganze Körper oder nur der Kopf in Bewegung befindet.

Bei den Hausvögeln, Hühnern, Tauben u. s. w. sind die Augenbewegungen nicht sonderlich stark und werden daher durch Kopfbewegungen *ergänzt*. Hält man eine Taube in den Händen und dreht sich mit ihr nach rechts, so beginnt sie sehr kräftige kompensierende Bewegungen nach links mit raschem Nachdrehen nach rechts auszuführen. Bei aufwärts gerichtetem Körper gehen die Bewegungen um die Längsaxe vor sich. Bei den Vögeln kann man diese Kopfbewegungen *Kopfnystagmus* nennen (Pendelbewegungen).

Demnach hängt die scheinbare Bewegung der Gegenstände bei offenen Augen von den Augenbewegungen ab; werden die Augen fest auf einen Punkt gerichtet, so verschwindet sie.

Durch diese Thatsache wird die psychologische Hypothese über die Entstehung des Sehschwindels (Zöllner. Poggendorfs Ann. CIX. Über die Natur der Kometen. 1872, p. 387, 396) widerlegt. Die ruckweisen Augenbewegungen werden auch bei geschlossenen Augen wahrgenommen; demnach sind sie nicht durch das beständige Bestreben der Augen, irgend einen Gegenstand zu fixieren, bedingt. Sie fehlen sogar nicht bei passiver Drehung, so dafs man sie unmöglich als kombinierte synergische Muskelaktionen während der Drehung ansehen kann.

Somit sind *kompensierende Bewegungen des Kopfes, des Rumpfes und der Augen* objektive Anzeichen, aus denen wir auf die Existenz von Empfindungen einer scheinbaren Drehung schliefsen.

Die kompensatorischen Augenbewegungen sind durch *Reizung* teils *der Bogengänge,* teils *des utriculus* bedingt. Reizung der macula acustica des utriculus zieht sogenannte persistierende Augendrehungen nach sich, die bei seitlicher Stellung des Kopfes infolge der Aktion der mm. obliqui und beim Neigen nach vorn oder nach hinten infolge Aktion der oberen oder unteren musculi recti wahrgenommen werden. Diese Bewegungen treten bei Änderung der Kopfstellung gegen die Vertikalaxe auf. Dreht sich aber der Kopf um dieselbe in der Horizontalebene, so tritt nur *Nystagmus* auf. Dasselbe beobachtet man auch an Tieren. Ursache der Augenbewegungen: *Druck der Otolithen auf die Nervenendigungen.* (Siehe weiter unten.)

Einwand **Hitzigs** gegen **Breuer** (1875).

Gegen die Ansicht Breuers, dafs man, nach einer Drehung sich in einen Sessel werfend, nur den Schwindel empfindet, ohne dafs hierbei irgendwelche kompensierende Bewegungen aufträten, bemerkt Hitzig, dafs man immerhin gewisse Balancebewegungen ausführen mufs, um nach der Drehung im Sessel sitzen zu können.

Einwand **Bornhardts** gegen **Breuer** (1875).

l. c. p. 58. Wir bemerken eine grofse Verschiedenheit der Ansichten Breuers und Purkinjes. Breuer will die scheinbare Drehung von den kompensierenden Bewegungen nicht abgeleitet wissen. Nur infolge dieser Empfindung (der Drehung) werden jene kräftigen kompensatorischen Bewegungen hervorgerufen, die wiederum die Empfindung einer Drehung verursachen.

Purkinje erklärte, dafs der Schwindel nur durch das Bestreben der Muskeln, die stattgehabte Bewegung fortzusetzen, verursacht wird. Breuer findet eine Bestätigung seiner Vermutung darin, dafs, auch nachdem man sich nach der Rotation in einen Sessel geworfen hat, man trotzdem eine allerdings weit schwächere Drehung empfindet. Zweifelsohne finden auch beim Sitzen nach einer Drehung kompensierende, wenn auch schwache Bewegungen statt, da zum Sitzen eine Muskelbeteiligung notwendig ist (Wiederholung der Worte Hitzigs.*) Ref.). Deshalb hält Bornhardt auch diesen Beweis einer *selbständigen* Schwindelempfindung, d. h. einer solchen ohne jede Beteiligung der Muskeln, nicht für überzeugend.

Beobachtungen von **Tomaszewicz** (1877).

Tomaszewicz führte an sich und anderen eine Reihe von Rotationsversuchen aus. Hierbei gelangte sie zu einigen neuen Resultaten.

1. „Wird man in der Rotationsaxe sitzend gedreht und neigt beim Anhalten den Kopf, so hat man das heftige Gefühl des Umstürzens in der Richtung der Kopfbewegung.“ Mit diesem Gefühl endet die Scheinbewegung

*) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. 1874. p. 285.

gewöhnlich. In manchen Fällen, wenn die Empfindung des Fallens bereits vorüber ist, kehrt sie schwach zurück. War die Rotation längere Zeit mit grofser Schnelligkeit vorausgegangen, so ist die Scheinbewegung so heftig, dafs man im Augenblick des Anhaltens den Kopf weder nach vorn noch nach hinten, noch nach der Seite, nach welcher man zu fallen meint, neigen kann.

2. „Streift man während der Rotation mit der Hand an einen feststehenden Gegenstand (z. B. an einen horizontalen Reifen, der unbeweglich an der Decke befestigt ist und über dem Kopfe des Beobachters hängt), so meint man, dafs er mit grofser Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung rotiert; berührt man ihn während der Scheinbewegung, so glaubt man, dafs er sich mit dreht, die Empfindung der Gegendrehung wird aber dabei bedeutend abgekürzt. Fafst man den Reifen im Augenblick des Anhaltens mit der vollen Hand fest an, so bleibt bei gleichzeitiger Kopfwendung das Umsturzgefühl gänzlich aus und die Empfindung der Gegendrehung beschränkt sich auf den kurzen Stofs in der der vorausgegangenen Rotation entgegengesetzten Richtung, der im angreifenden Arm empfunden wird."

3. Rotiert man stehend, indem man sich mit den Händen auf die Stuhllehne stützt, so scheinen sich nach dem Anhalten der Stuhl in den Händen und der Boden unter den Füfsen zu drehen; in sitzender Stellung scheint es, als ob der Stuhl mit uns fortgerissen würde. „Man kann also annehmen, dafs bei ruhiger Kopfhaltung die Empfindung der Scheindrehung in den Körperteilen am stärksten auftritt, welche man zum Stützen braucht — sie existiert aber im ganzen Körper. Wird man z. B. auf einem Bein stehend rotiert und bringt das andere nach dem Anhalten mit einem nicht dem eigenen Körper angehörigen feststehenden Körper in Berührung, so meint man sofort, dafs sich dieser dreht."

4. Vollführt man während der Rotation pendelartige Bewegungen mit dem Kopfe, so meint man, dafs der Stuhl unter heftigen Schwankungen *langsamer* gedreht wird, als es wirklich der Fall ist.

„Die Gröfse dieser Kopfbewegungen wie überhaupt aller aktiven Bewegungen des Körpers wird bedeutend überschätzt. Ein leichtes Oscillieren hält man für ausgiebige Schwankungen, wie sie in Wirklichkeit die Länge des Halses kaum gestattet; man hat schon nach kurzer Zeit ein Gefühl von Müdigkeit in den Halsmuskeln, welches sich bis zum Schmerz steigert." Hingegen können die gleichen Kopfbewegungen unter gewöhnlichen Verhältnissen viele Minuten lang ausgeführt werden.

Was von den Kopfbewegungen während der Rotation und nach dem Anhalten gesagt ist, gilt von allen aktiven Bewegungen des Rumpfes und der Extremitäten.

5. Bei einer Rotation treten aufser den Augenbewegungen Zuckungen im Körper auf, die durch den Willen nicht zu unterdrücken sind.

Das Urteil über die Körperstellung wird auch zum Teil gefälscht. Man hat die Empfindung, nach hinten überzuneigen; lehnt man den Rücken an den Stuhl, so glaubt man, dafs dieser schief steht.

„Diese Beobachtungen deuten auf ein Mifsverhältnis zwischen den Innervationsimpulsen und dem Erfolg, ferner dafs gewisse abnorme Sensibilitäts- und Spannungszustände der Muskulatur bestehen, — man hat ein lästiges Gefühl von Kontraktion der Bauchmuskeln, die man aber durch den Willen nicht aufheben kann."

6. Der Beobachter legt sich horizontal mit dem Kopfe nach der Peripherie. „Bei der Rotation stellt sich ein allmählich zunehmendes Gefühl von

Streckung des Halses, Hitze im Kopfe und Sinken des Oberkörpers ein, was man aber namentlich auf Kopf und Hals bezieht. Nach dem Anhalten fühlt man ein Heben bis zur wirklichen Lage, Schrumpfen des Halses und die Gegendrehung, welche aber gegen die genannten Empfindungen zurücktritt."

Der Beobachter legt sich mit dem Kopfe nach der Rotationsaxe: Er hat zunächst die Empfindung einer stärkeren Blutzufuhr nach den Beinen, dann ein Gefühl der Streckung, des Längerwerdens und des langsamen Steigens derselben. Diese Empfindungen lokalisieren sich zunächst in den Fufsspitzen. Öffnet er die Augen, so scheinen die Beine schief und viel höher zu liegen, als es thatsächlich der Fall ist; ebenso scheinen die Wände schräg zu stehen und auf ihn niederzustürzen. Nach fortgesetzter Rotation hat man die Empfindung, mit dem Stuhle emporzuschweben. Nach dem Anhalten sinkt man unter dem Gefühl des Kürzerwerdens der Beine bis zur wirklichen Lage.

Eine vollkommen befriedigende Erklärung für die geschilderten Schwindelerscheinungen zu geben, ist einstweilen nicht möglich. Man könnte vermuten, dafs die beschriebenen Empfindungen durch die unregelmäfsige Verteilung des Blutes bedingt werden. Die stärker oder schwächer gefüllten Gefäfse wirken auf mechanische Weise oder infolge Temperaturschwankungen auf die benachbarten Gefühlsnerven und regen in uns verschiedene Empfindungen an. Vielleicht ruft Hyperämie des Gehirns und der Meningen die Empfindung einer *Beschleunigung* nach abwärts, Anämie dagegen das Gefühl einer *Beschleunigung* nach aufwärts hervor. Das Ekelgefühl und Erbrechen, welche bei manchen Individuen schon nach den ersten Umdrehungen auftreten, kann man am ehesten mit einem centralen Reizzustand in Verbindung bringen. Die Annahme Purkinjes, „dafs das Gehirn die Selbstberührung als Drehung empfinde", ist nicht für befriedigend zu erklären, da die Empfindungen nach der Drehung nicht nur durch das Gehirn allein, sondern durch alle Gewebe des Körpers wachgerufen werden. Man braucht in der That nur einige Zeit die Hand zu drehen, um darauf das Gefühl einer Drehung in dem genannten Gliede zu verspüren. Die hierbei infolge der Centrifugalkraft auftretende Spannung der einzelnen, die Hand bildenden Gewebe, sowie deren Druck, reizen die Gefühlsnerven und ziehen die von uns gehabte Empfindung nach sich.

Die Versuche an Menschen wurden mehrere Male stets mit denselben Resultaten wiederholt. Bei häufiger Übung stumpft sich die Empfindlichkeit so weit ab, dafs bei schwachen Bewegungen bei T. Augennystagmus nicht auftrat. Die Empfindung einer scheinbaren Drehung wurde stets intensiver, sobald dem Versuch geistige oder körperliche Ermüdung vorangegangen war.

Beobachtungen **Cyons** über den Sehschwindel.

Cyon stimmt in einigen Punkten mit Purkinje überein und bestätigt die Versuche Machs über die Bewegung des Phosphens.

„Welches auch der Charakter der durch Rotation des Körpers verursachten Störungen sein möge, es liegt auf der Hand, dafs eine zeitweise Unmöglichkeit auftreten mufs, den Sehraum mit dem idealen, unserm Auge beständig gegenwärtigen Raum in Übereinstimmung zu bringen, sobald einmal die normalen Beziehungen zwischen den durch das Gesichtsorgan empfundenen Eindrücken und den durch die Bogengänge uns übermittelten Vorstellungen gestört sind.

„Es möge hier an eine der zahlreichen und höchst instruktiven Beobachtungen MACHs erinnert werden, die für unsere Art und Weise, die Entstehung des Schwindels zu begreifen, sehr wichtig ist, und die ich zu prüfen mehrfach Gelegenheit hatte.

„Hinzugefügt möge noch werden, dafs diese Beobachtung sich bei mir sehr häufig wiederholte, während sie bei MACHs Versuchen eine Ausnahme bildete.

„Führt man einige passive oder aktive Drehungen des Körpers um seine Vertikalaxe aus, gleichzeitig durch Druck auf den Augapfel Phosphen hervorrufend, so kann man sich überzeugen, dafs dieses an der Drehung teil nimmt, selbst wenn man das Auge hindert, irgend eine Bewegung zu machen.

„In diesem Versuche mufs die scheinbare Bewegung des Phosphens offenbar, da das Auge hierbei unbeweglich ist, eine andere Ursache haben, als Verschiebung der Netzhaut.

„Professor MACH, der sich einer Erklärung dieser Erscheinung enthält, beschreibt dieselbe auf höchst bemerkenswerte Weise: *Der Sehraum scheint sich auf einen zweiten Raum zu projizieren, den wir mit Hilfe unserer Bewegungsempfindungen konstruieren.**)

„Indem ich diesbezügliche Versuche häufig wiederholte, fand ich vor allem, dafs eine Bewegung des Augapfels bei mir nur nach langsamer Rotation des Körpers eintrat, und dann auch nur im Beginn derselben. Ging die Drehung des Körpers sehr schnell, einigemal hintereinander vor sich, so überzeugte ich mich beim Andrücken des Fingers gegen den Augapfel, dafs die Augen unbeweglich blieben. Rief ich bei einem solchen Versuche Phosphen an mir hervor, so schien sich der Augapfel während der Drehung auch zu bewegen. Hielt ich plötzlich inne, so setzte das Phosphen seine Bewegung eine Zeitlang fort, rückte dann nach der entgegengesetzten Seite hin und blieb unbeweglich, bevor es verschwand.

„Während einige Autoren versichern, dafs der Sehschwindel schwächer werde oder selbst verschwinde, wenn man mit dem Auge einen Gegenstand, z. B. einen dem Auge sehr nahe befindlichen Finger, fixiert, habe ich stets die entgegengesetzte Erscheinung beobachtet. Gleich MACH habe ich beim Fixieren eines Gegenstandes Stärkerwerden des Schwindels beobachtet.

„Wahrscheinlich sind die anderen Beobachter durch die Ablenkung, welche unsere Aufmerksamkeit beim Fixieren eines Gegenstandes von den anderen uns umgebenden Gegenständen erleidet, irre geführt worden; die scheinbare Bewegung derselben reizt uns deshalb weniger, weil sie sich nicht im Gesichtsfelde befinden.

„Die Unbeweglichkeit unserer Augen in solchen Fällen, die uns stört, die Harmonie zwischen unseren Empfindungen wieder herzustellen, mufs um-

---

*) „Wir lassen Gehirn und Tastschwindel, die nach solcher Drehung beobachtet werden, ganz beiseite. Betreffs der Entstehung des ersten teilen wir vollständig die Ansicht PURKINJEs, d. h. auch wir meinen, dafs er durch mechanische Störung der Gehirnmasse hervorgerufen wird. Was den zweiten anbelangt, wird der Leser alles, was wir hier über den Sehschwindel sagen, ohne Mühe auf den Tastschwindel übertragen.

Bemerkenswert ist, wie nahe MACH meiner Auffassung des Sehschwindels gewesen ist; man braucht in der letzten Zeile das Wort *„Bewegung“* durch das Wort *„Dimension“* oder *„Richtung“* zu ersetzen, damit sein Vergleich mit meiner Theorie zusammenfalle.“

gekehrt unseren Schwindel verstärken. Mir passierte es während solcher Versuche zu wiederholten Malen, dafs plötzliches Fixieren der Augen den Schwindel bis zu Übelkeit und selbst Erbrechen steigerte.

„Auch steigerte sich das Bestreben meines Körpers, während des Schwindels unwillkürliche Bewegungen auszuführen, im Augenblicke des Fixierens erheblich; ich mufste mich niedersetzen, um nicht zu fallen.

„Der eine oben angeführte Versuch Machs wäre mir nicht bis zu einem solchen Grade überzeugend erschienen, wenn ich nicht unter anderen Bedingungen Gelegenheit gehabt hätte, Sehschwindel bei ganz unbeweglichen Augen zu beobachten.

„In der That, macht man die Augen durch Druck mit dem Finger, wie es Mach that, unbeweglich und beobachtet hierauf die Bewegungen des Phosphens, so könnte man diese scheinbaren Bewegungen durch Empfindungen der Innervation erklären, wiewohl letztere eine Ablenkung der Augen nicht hervorruft.

„Mach selbst führt diese Erklärung an, die, obgleich absolut vorwurfsfrei, ihm unwahrscheinlich vorkommt. Hingegen erklärt Breuer, der ebenfalls Gelegenheit hatte, diese Erscheinungen zu beobachten, dieselben durch eben diese Empfindungen.

„Die Erklärung Machs wird unwahrscheinlich, wenn wir sehen, dafs sich die Phosphene fortbewegen, falls wir, anstatt die Augen durch Andrücken mit dem Finger zu fixieren, sie unbeweglich machen, indem wir beide Augen auf einen in der Nähe befindlichen Gegenstand heften.

„Man kann die Augen, selbst wenn sie geschlossen sind, bis zu einem gewissen Grade unbeweglich machen; man mufs nur, bevor man sie schliefst, einen Finger in der Nähe der Augen fixieren. Hält man den Finger in derselben Stellung vor den geschlossenen Augen, so kann man auf einige Sekunden eine Unbeweglichkeit derselben erhalten. Bei dergleichen Versuchen erreichte ich oft denselben Zweck, indem ich mit den Augen die Nasenspitze fixierte.

„In diesen Fällen können uns die Innervationsempfindungen offenbar nur von der Unbeweglichkeit der Augen eine Vorstellung geben. Wenn sich also das Phosphen, trotzdem die Augen unbeweglich sind, weiterbewegt, so beweist dieses unzweifelhaft, dafs der Sehschwindel auch ohne Mitwirkung der Sehorgane entstehen kann, d. h. dafs er auch eine andere, psychologische Ursache haben kann.

„Eine derartige Auffassung des Sehschwindels ist übrigens nicht neu. Noch im Jahre 1860 erklärte der Astronom Zöllner die von Platon und Oppel geschilderten Bewegungserscheinungen, sowie auch die Erscheinungen der Pseudoskopie durch unbewufste, von den Augenbewegungen gänzlich unabhängige Trugschlüsse. Als Zöllner später seine erste Arbeit zum zweiten Male erscheinen liefs, teilte er zahlreiche Versuche über pseudoskopische Erscheinungen mit, die mit Hilfe des elektrischen Funkens angestellt worden waren. Die einzelnen Zeiträume waren hier zu kurz, als dafs die Augenbewegungen sich hätten äufsern können; nichtsdestoweniger traten die erwähnten Erscheinungen mit noch weit gröfserer Deutlichkeit auf, als bei andauernder Beleuchtung."

Beobachtungen von **Yves Delage** (1886).

I. *Die statischen Empfindungen und die Täuschungen bei der Bestimmung der Richtung im Raume in Abhängigkeit von der Änderung der Kopfstellung.*

Die sich dem Versuche unterwerfende Person lehnt sich mit den Fersen, dem Rücken und dem Hinterkopf bei gerader Körperstellung gegen eine Wand und richtet ihren Blick nordwärts auf den Gegenstand A.

Bei verbundenen Augen behielt die Person vollkommen die Fähigkeit, sich mit Hilfe einer langen, mit beiden symmetrisch ausgestreckten Händen erfafsten Stange im Raume zu orientieren. Letztere Vorsichtsmafsregel ist erforderlich, um einem mechanischen Fehler infolge unsymmetrischer Lage der Hände vorzubeugen. Mit Hilfe dieser Stange wird der Standort des Gegenstandes A angegeben und die vertikale, horizontale und frontale Richtung bestimmt.

Die Person kann an den Gegenstand A herantreten, ohne von ihrem Wege abzuweichen.

In allen diesen Versuchen überstiegen die von der Person begangenen Fehler nicht 3^0—4^0. Manche irren sich in ein- und derselben Richtung — dies ist bereits ein *individueller Fehler*.

Ein unvergleichlich gröfserer Fehler tritt bei Änderung der Kopfstellung, während die ursprüngliche Rumpfstellung beibehalten wird, auf. Bei Drehung des Kopfes um seine vertikale, sagittale und frontale Axe tritt stets ein und derselbe Fehler von annähernd 15^0 auf.

Versuch bei Drehung des Kopfes um die Vertikalaxe: Die Binde wird von den Augen genommen, und die Person, die auf den früheren Platz gestellt worden ist, orientiert sich von neuem bezüglich der Lage des Gegenstandes A, nach Norden. Darauf verbindet man die Augen wieder und dreht den Kopf stark *nach rechts*. Verlangt man nun, dafs die Stange auf A gerichtet werde, so zeigt sich eine Abweichung von diesem Punkt um 15^0 nach Osten. Bringt man die Stange, sie beim Ende fassend, wieder in die Nordrichtung, so wird dies in der Person die Empfindung erwecken, als wenn dieselbe um 15^0 nach Westen abwiche. Bei Drehung des Kopfes nach links kann man die umgekehrte Erscheinung beobachten.

Versuch bei Neigung des Kopfes um die Quer- (frontale) Axe: Bei Neigung des Kopfes *nach vorn* (auf die Brust) wird die Versuchsperson den Stock vertikal zu halten glauben, während sein Ende stets um 15^0 nach hinten abweicht, wobei er mit der Vertikalen einen nach oben geöffneten Winkel bildet. Bei rückwärts geneigtem Kopf tritt eine Täuschung in der entgegengesetzten Richtung auf.

Versuch bei Drehung des Kopfes um die Sagittalaxe: Bei Neigung des Kopfes auf die rechte oder linke Schulter weichen alle Angaben in der Frontalebene um 15^0 von der wirklichen Richtung ab.

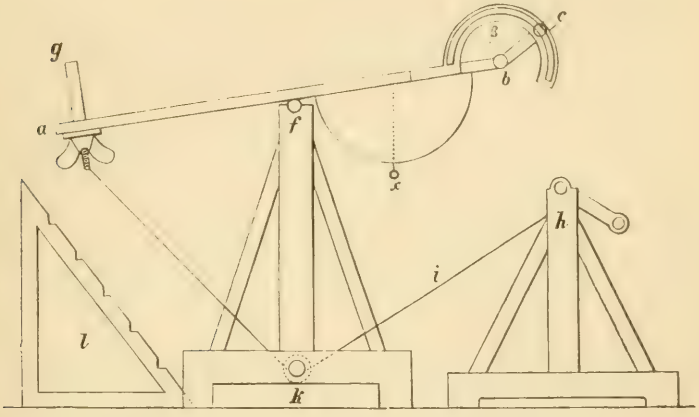
Die Gründe für die erwähnte Täuschung kann man *unmöglich* im Ohrlabyrinth suchen. Zu diesem Schlusse kam Delage auf dem Wege der Exklusion. Die statischen Fehler mufs man *mit der Kontraktion der Augenmuskeln und nicht mit der Änderung in der Kopfstellung in Verbindung bringen.**)

*) Eine ganze Reihe von Versuchen und Gründen, die zu Gunsten dieser Ansicht l. c. p. 25—40 angeführt sind, werden hier übergangen.

II. *Die statischen Empfindungen und Täuschungen in der Bestimmung der Richtung in Abhängigkeit von der Änderung in der Rumpfstellung.*

Zum Studium des Einflusses der Rumpfstellung auf die Orientierung im Raume benutzte DELAGE folgenden Apparat: Ein Brett Fig. 81 *a b* (auf welches die zu untersuchende Person sich hinzulegen hat) dreht sich um die Axe *f* vermittelst des Strickes *i*, der an dem Brett in *a* befestigt und auf die Winde *h* aufgerollt ist. Diese Vorrichtung gestattet, dem Brett ohne jedes

Fig. 81.



Geräusch und ohne jede Erschütterung eine beliebige Neigung zu geben. Die Gröfse der Neigung wird an dem Kreise *x* abgelesen. Das als Fufsstütze dienende Brettchen *g* schiebt man in Übereinstimmung mit der Körperlänge so weit, bis der Hinterkopf auf das Scharnier *b* des Kopfbrettes *b c* zu liegen kommt, dessen Neigungswinkel am Teilkreis β gemessen wird. Auf das Gestell *l* stützt sich das Brett *a*.

DELAGE kam bei den Versuchen der Drehung des Rumpfes um die Quer- und Sagittalaxe zu folgendem Schlusse: Unterwirft man den Rumpf bei gewöhnlicher Kopfstellung einer Neigung in der Mittelebene, so wird bei einer Lage um 60° herum über die Orientierung im Raume keine irrtümliche Angabe gemacht. Bei kleineren Neigungswinkeln dagegen nimmt der Körper eine scheinbare Neigung nach vorn an. Bei gröfseren Neigungswinkeln scheint der Rumpf weiter nach hinten übergefallen zu sein. Die Täuschung wächst mit der Annäherung an die Horizontalebene und mit dem Übergange in dieselbe, so dafs sich bei einem Winkel von 120° die Versuchsperson in vertikaler Stellung bei abwärts hängendem Kopfe zu befinden glaubt.

Der erwähnte Irrtum in der Angabe des Raumes kann nicht in dem inneren Ohre seine Ursache haben, da der Kopf seine Lage nicht ändert.

Durch die Augenbewegungen sucht man nur diesen Irrtum zu korrigieren. Die eigentliche Ursache hat einen allgemeineren Charakter und liegt in den Muskel- und Hautempfindungen, welche durch das Stützen des Körpers gegen das Brett und durch die Verrückung der inneren Teile und Flüssigkeiten des Organismus hervorgerufen werden.

III. *Dynamische Empfindungen und Täuschungen bei der Bestimmung der Richtung im Raume während der Drehung.*

Eine Drehung ist um die drei Axen des Körpers möglich. Bei seinen Versuchen bediente sich DELAGE eines geschlossenen hölzernen Kastens, in den sich die Versuchsperson setzte. Zur Ventilation dienten Löcher im Boden und in derjenigen Wand des Kastens, gegen welche sich der Rücken stützte. Zur Vermeidung von Lichtempfindungen wurden die Augen geschlossen. Der Kasten hing an einem 6 m langen Tau. Bei der Drehung des Kastens tritt ohne alle Stöfse und unter vollkommener Gleichmäfsigkeit Torsion des Taus mit nachfolgender Distorsion ein.*)

Indem sich der Kasten dreht, nimmt die in demselben sitzende Person jede Drehung von 2° Winkelgeschwindigkeit in der Sekunde wahr, während das Auge kaum im stande ist, diese Beschleunigung auf einem Kreise von 50 cm Durchmesser zu erfassen.

a) Versuche bei Drehung um die Vertikalaxe:

Durch seine Drehversuche bestätigte DELAGE im allgemeinen MACHS Folgerungen; nur in einigen Punkten weicht er von ihm ab. So z. B. gilt das Gesetz der Beschleunigung nicht für eine Drehung von kurzer Dauer, wie wir uns derselben im täglichen Leben unterziehen. Unter den gewöhnlichen Bedingungen empfinden wir alle Eigenschaften der Bewegung: ihre Stärke, Geschwindigkeit und Dauer vollkommen, und ein Stillstand in der Drehung ist von der Empfindung einer Drehung nach der entgegengesetzten Richtung nicht begleitet.

Wird während des Drehens der Kopf auf die rechte Schulter geneigt, d. h. um die Sagittalaxe gedreht, so erscheint die Drehungsaxe nicht mehr vertikal, sondern ungefähr 25° nach links geneigt. Bei Neigung des Kopfes auf die linke Schulter scheint die Axe nach rechts schräg zu stehen.

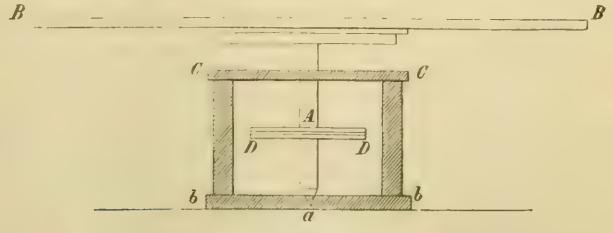
Bei Neigung des Kopfes auf die Brust senkt sich die Axe ungefähr um 30° nach hinten, und bei Hintenüberwerfen des Kopfes rückt sie 40° nach vorn.

Unter diesen Bedingungen scheint der Rumpf um die schräge Axe einen nach oben offenen Kegel zu beschreiben, dessen Spitze im Kopfe an derjenigen Stelle liegt, wo die scheinbare Axe die wirkliche Verticale schneidet.

Während des Drehens kann der Kopf unter sehr starken unangenehmen Empfindungen aus der Vertikalstellung in jede beliebige andere gebracht werden.

*) AUBERT bestätigte die Versuche von DELAGE und konstruierte folgenden Apparat (Masstab der Abbildung 1 : 20). Ein drehbares Brett BB ruht auf einer

Fig. 82.



stählernen Axe A, die mit ihrem konischen Ende in einer geringen Vertiefung dem eisernen Brette bb aufliegt und durch das mit drei Stützpunkten versehene eiserne Stativ bb cc geht. Auf die Axe ist die für das Tau bestimmte Rolle DD aufgestreift.

b) Versuche bei Drehung um die Queraxe:

Die Versuchsperson setzt sich mit verbundenen Augen auf das Brett des abgebildeten Apparats und läfst sich um 35°—40° gegen die Vertikale senken. Werden in dieser Mittellage bei normaler Stellung des Kopfes pendelnde Bewegungen ausgeführt, so werden alle diese ohne irgend welche Fehler in der Mittelebene empfunden.

Wird die Person nach rechts gedreht, so scheint die Drehungsaxe um 45° nach links zu rücken, ohne dafs sie aufhört, horizontal zu bleiben. Es scheinen pendelnde Bewegungen in einer Vertikalebene aufzutreten, die mit der Mittelebene einen nach oben offenen und nach links gerichteten Winkel von 45° bildet. – Bei Drehung des Kopfes nach links zeigen sich alle Erscheinungen in der umgekehrten Reihenfolge.

Bei Neigung des Kopfes bald auf die eine, bald auf die andere Schulter scheint sich die Schwingungsaxe ungefähr um 25° in derselben Ebene nach der entgegengesetzten Seite zu neigen.

c) Versuche bei Drehung um die Sagittalaxe:

Zum Versuch legt sich die Person mit der einen Seite auf das vorerwähnte Brett des abgebildeten Apparats. Die Versuchsperson glaubt bei Drehung nach rechts sich um eine Axe zu drehen, die mit der Vertikalaxe einen nach oben offenen und nach links gerichteten Winkel bildet. Bei Neigung des Kopfes nach vorn rückt die Axe nach hinten, im umgekehrten Falle tritt das Gegenteil ein.

Aus den angeführten Versuchen ergibt sich folgender Schlufs: Nimmt der Kopf, während sich der Körper um eine beliebige Axe dreht, eine neue Stellung zur Axe der Körperdrehung ein, so wird diese abnorme Kopfstellung die Täuschung hervorrufen, als ob die empfundenen Eindrücke einer Drehungsaxe entsprächen, die nach der dem Kopfe entgegengesetzten Seite geneigt ist.

Delage lokalisiert die Drehungsempfindungen, wie Purkinje und Mach, im Kopfe, weil sonst Änderungen der Kopfstellung von bemerkenswerten subjektiven Empfindungen begleitet unbegreiflich sein würden. Die Ursache der dynamischen Empfindungen und Täuschungen während des Drehens mufs man offenbar im utriculus und den Bogengängen suchen. Gegen die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von den Augen spricht folgender Versuch:

Die experimentierende Person legt sich bei normaler Kopfstellung auf das Brett (s. Fig. 81), schliefst die Augen und wendet sie stark nach *rechts*. In diesem Falle ist die statische Täuschung dieselbe, als wenn der ganze Kopf seitwärts gewendet wäre. Läfst man sich in der Mittelebene auf und nieder bewegen, so scheint diese nach vorn *rechts* abgewichen zu sein. Wendet man aber den ganzen Körper nach *rechts*, so ist diese Ebene scheinbar nach *links* und um einen weit gröfseren Betrag abgewichen.

IV. *Dynamische Empfindungen und Täuschungen während der fortschreitenden geradlinigen Bewegung.**)

a) Die fortschreitende Bewegung auf der Eisenbahn.

Während der Fahrt des Zuges ist die Richtung seiner Bewegung, wie allen Reisenden bekannt sein wird, nicht anzugeben. Man empfindet nur das Rütteln des Waggons und kann sich sogar einbilden, in umgekehrter Richtung zu fahren. Dieser Irrtum dauert fort, bis wir uns beim Heraussehen von der wahren Richtung überzeugen. Diese Erscheinung beachtete Mach zuerst.

*) Von einigen wird diese Bewegung „progressiv“ genannt.

Die angeführte Thatsache weist darauf hin, dafs wir thatsächlich keine *reellen* Empfindungen von der fortschreitenden Bewegung haben, und dafs die Vorstellung von einer Ortsveränderung in gerader Richtung ein rein *psychischer* Akt ist. Eine geradlinige Bewegung selbst von bedeutender Geschwindigkeit, sofern sie nur gleichförmig ist, wird nicht wie die gleichförmige Drehung empfunden (MACH). Die Verzögerung und die Beschleunigung der geradlinigen Bewegung sind von besonderen reellen Empfindungen nicht begleitet. Der einzige Fall, in dem wir noch die Richtung angeben können, tritt bei plötzlichem Losfahren oder Stillstehen des Zuges ein. Aber diese Empfindung dauert nur einen Augenblick und ist in der Hauptsache durch Muskelkontraktion und durch Reibung der Haut gegen den Sitz bedingt.

Von der Richtigkeit des soeben Angeführten konnte sich DELAGE mit Hilfe des folgenden Versuchs überzeugen. Es wurde ein sehr leichtes und regelmäfsiges Boot gebaut, lang genug, um sich darin frei ausstrecken zu können. An die Spitze des Bootes wurde ein Seil aus Kautschukrohren befestigt und das Boot bei gänzlich glatter Oberfläche des Wassers in einen Teich gelassen. Das elastische Seil wurde mittels eines Taues gespannt, nach dessen Durchschneidung das Boot gleichförmig auf der Oberfläche dahinglitt und mit grofser Geschwindigkeit eine Strecke von 30 m zurücklegte. DELAGE konstatierte, dafs, abgesehen von dem Stofse, der im Augenblick des Loslassens erfolgt, die geradlinige Bewegung überhaupt nicht empfunden wird; man glaubt auf derselben Stelle zu bleiben. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dafs wir Bewegungen von weit stärkerer Geschwindigkeit empfinden würden. Jedenfalls sind wir bei der Fahrtgeschwindigkeit unserer Eisenbahnzüge nicht im stande, ohne Zuhilfenahme des Sehvermögens die Bewegungsrichtung zu bestimmen.

b) Die fortschreitende Bewegung auf gewöhnlichen Schaukeln.

Die Schaukel ist, wie die Wage, auf ein Prisma *a* (Fig. 83) gehängt, das auf zwei stählernen Platten *b b* ruht. Um dasselbe ist ein eiserner, 6 m langer Draht *c c* geschlungen. Er ist an seinem unteren Ende *d* mit einem Kugelgelenk *f* versehen, welches einem daran befestigten Kasten *e e* gestattet, sich

Fig. 83.

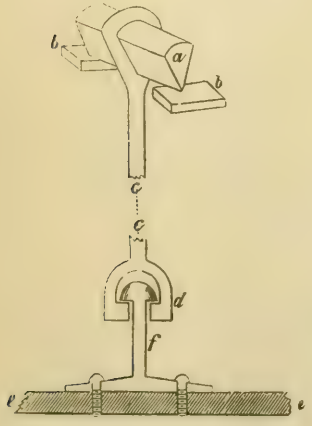
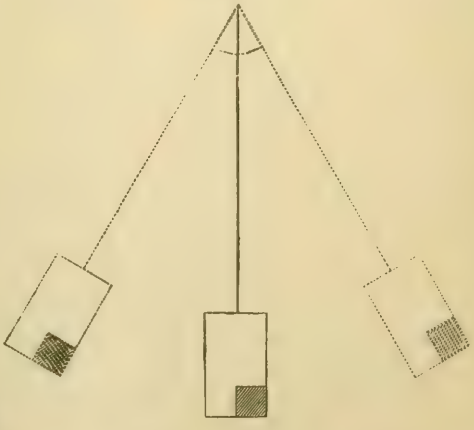


Fig. 84.



um die Vertikalaxe zu drehen. Der Kasten ist auf allen Seiten geschlossen und die, behufs Ventilation, unten angebrachten Öffnungen lassen kein Licht durch. Mit Hilfe von Kissen wird jede Schwankung des Rumpfes verhindert,

so dafs er mit dem Kasten ein einziges Ganzes bildet. Der Kopf wird durch einen besonders angebrachten Rahmen in einer bestimmten Stellung festgehalten.

Fig. 84 stellt die Schaukel in der Bewegung dar.

Nachdem sich die Versuchsperson in den Kasten gesetzt hat und der Deckel fest aufgelegt ist, dreht man die Schaukel nach rechts oder links, bis die Versuchsperson ihre völlige Desorientierung im Raume anzeigt. Hierauf setzt man den Kasten in pendelnde Bewegung.

Normale Empfindungen. Die Person ist genau orientiert, ob das Schaukeln in der frontalen, in der sagittalen oder in irgend einer dazwischen liegenden Ebene stattfindet. Die Bewegungen werden mit der gröfsten Empfindlichkeit wahrgenommen. Schwingungen von 1°, die 10,5 cm des beschriebenen Bogens in 9 Sekunden oder 1,16 cm ungefähr in einer Sekunde entsprechen, fühlt die Versuchsperson mit grofser Präzision.

Dies ist der minimalste noch wahrzunehmende Betrag. Der *maximale* beträgt ungefähr 6,7 cm in einer Sekunde.

Trugempfindungen. Jede Änderung der Kopfstellung ist von Trugempfindungen begleitet. Bei starker Drehung des Kopfes um die Vertikalaxe nach rechts scheint die Ebene, in der geschaukelt wird, um einen nach vorn geöffneten Winkel von 20°—25° nach links zu rücken. Das Umgekehrte scheint bei Drehung des Kopfes nach links einzutreten.

Wird der Kopf auf die rechte Schulter geneigt, d. h. um die Sagittalaxe gedreht, so ändert sich die Richtung nicht, sondern wird als sagittale empfunden; dafür aber scheint die Fluglinie nach derjenigen Seite eingebogen, nach welcher der Kopf gesenkt ist. Beim Neigen des Kopfes nach vorn ändert die Fluglinie weder ihre Richtung, noch ihre Form, scheint jedoch nach der der Kopfstellung entgegengesetzten Richtung, d. h. nach hinten, zu rücken. Diese Fluglinie liegt auf einem Bogen, dessen Centrum sich etwas über dem Kopfe, auf der Verlängerung der Körperaxe, befindet.

Die angeführten Schaukelversuche ergeben an sich keine rein geradlinige Fortbewegung, da die Fluglinie ein Teil eines Kreises ist, und könnte deshalb möglicherweise die Trugempfindung durch die drehende Bewegung der Schaukel bedingt sein. Zur Vermeidung dieses Fehlers mufste die Schaukel zu geradliniger Bewegung eigens hergerichtet werden.

c) Die fortschreitende Bewegung auf der Schaukel ohne Drehung.

Fortschreitende Bewegungen können beim Herabsteigen in Schachte oder bei gleichförmigem Aufsteigen im Luftballon studiert werden. Aber diese Apparate sind nicht jedermann zugänglich, und aufserdem gelingt es nicht immer, die Geschwindigkeit ihrer Bewegung nach Belieben zu ändern. Deshalb konstruierte Delage folgenden einfachen Apparat, der eine fortschreitende Bewegung ohne Geräusch und Erschütterung bei völliger Regelmäfsigkeit und Gleichförmigkeit des Ganges zu erhalten gestattet. Aufserdem ist hier stets die Geschwindigkeit und Beschleunigung in jedem Punkte der Flugbahn bekannt.

Diese Schaukeln bestehen aus dem bereits beschriebenen Kasten, der an den Ecken an 4 gleich langen Drähten oder Stricken hängt.

Die vier Aufhängepunkte *b c d e* (Fig. 85) liegen, ein Viereck bildend, in einer Horizontalebene und entsprechen vollkommen den vier Befestigungspunkten des Kastens. Unter diesen Bedingungen ist das obere Brett des Kastens während der Bewegung dem Befestigungsbrette stets parallel, und da letzteres horizontal liegt, so behält folglich der Kasten und die darin eingeschlossene Person die ganze Zeit über die vertikale Stellung.

Auch bei dieser Schaukel ist die Fluglinie zwar bogenförmig gekrümmt, doch der Boden des Kastens bleibt die ganze Zeit hindurch in der horizontalen Ebene. Daher haben wir es hier mit einer rein fortschreitenden Bewegung zu thun, die nur wenig von der geradlinigen abweichen kann (Fig. 86).

Fig. 85.

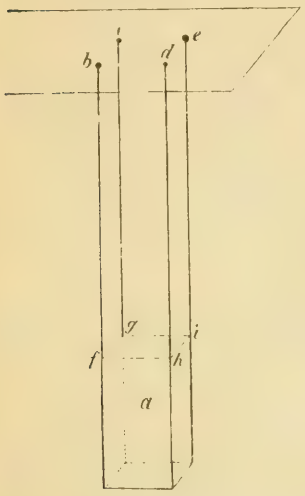
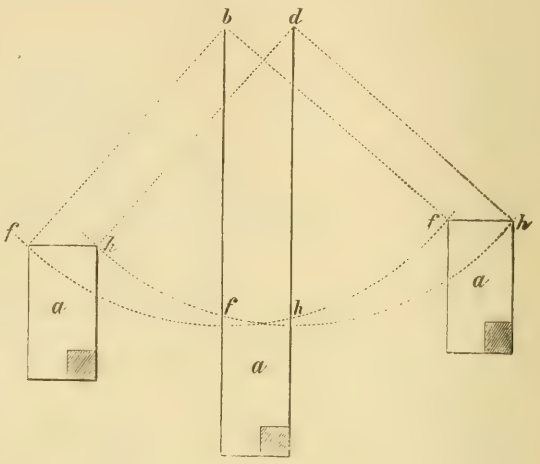


Fig. 86.



Normale Empfindungen. Sind die Schwingungen der Schaukel nicht sehr klein, so empfindet die Person jede fortschreitende Bewegung unter Angabe der Fluglinie. Ohne sonderlich grofsen Fehler gibt sie die vordere und hintere Grenze der Bewegung an. In allen Fällen jedoch ist die Schätzung geringer, als die wirklichen Beträge. Wird die Gröfse der Schwingungen bis zu einem Winkel von 2^0 nach beiden Seiten von der Vertikalen verringert, so ist die Empfindung $= 0$.

Bei grofser Aufmerksamkeit ist die Empfindung noch vorhanden, wenn die Schwingungsamplitude $1^0\ 20'$ beträgt, was einer Beschleunigung von ungefähr 23 cm entsprechen würde.

Zur Feststellung der Empfindungen bei Bewegung in vertikaler Richtung bediente sich DELAGE eines Stuhles, der an einem elastischen Seil befestigt war. Es ergab sich dasselbe Resultat, wie bei horizontalem Schaukeln.

Trugempfindungen. Bei starker Wendung der Augen nach rechts oder links ohne Drehung des Kopfes empfinden wir sofort eine Abweichung der Fluglinie um den Betrag von 10^0-15^0.

Auf- und Niederschlagen der Augen ist von den nämlichen, nur schwächer ausgeprägten Erscheinungen begleitet: beim Aufschlagen und Niederschlagen der Augen rückt die Fluglinie nach vorn.

Neigen des Kopfes nach der einen oder andern Seite ruft keine Trugempfindungen hervor. Um statische Trugempfindungen zu vermeiden, mufs man sich während der Neigung des Kopfes bemühen, den Augen die normale Stellung zu geben. Ohne diese Vorsichtsmafsregel tritt eine Abweichung der Fluglinie nach der einen oder anderen Seite ein.

Beim Schaukeln in horizontaler Lage ergeben sich dieselben Resultate: die Augenbewegungen sind von den oben geschilderten Trugempfindungen begleitet, doch bleiben Drehungen des Kopfes ohne Folgen.

Plötzlicher Stillstand in der Bewegung hat keine Trugempfindungen in Gestalt einer fortschreitenden Bewegung nach der entgegengesetzten Seite zur Folge.

Aus den oben citierten Versuchen kann man die nachstehenden Folgerungen ziehen:

1. Die (geradlinige) Fortbewegung, mag sie gleichförmig oder beschleunigt sein, wird mit allen ihren Eigenschaften der Geschwindigkeit, Gröfse und Dauer wahrgenommen, wenn sie kurze Zeit dauert.

2. Die dauernde, gleichförmige geradlinige Bewegung wird nicht wie die gleichförmige Drehung empfunden (MACHs Gesetz).

3. Die gradlinige Bewegung wird bei einer Beschleunigung von mehr als 30—40 cm in der Sekunde leicht wahrgenommen; die minimalste wahrnehmbare Beschleunigung beträgt ungefähr 23 cm in der Sekunde.

4. Die geradlinigen Fortbewegungen empfindet man weniger genau, als die Drehbewegungen, welche letztere bedeutend leichter wahrgenommen werden.

5. Die statischen Trugempfindungen dauern während der geradlinigen Fortbewegung fort und sind durch die Augenbewegungen bedingt.

6. Anormale Kopfstellung, sowie plötzlicher Stillstand führen zu keinen dynamischen Täuschungen.

Da eine Änderung in der Kopfstellung *nicht* zu Trugempfindungen führt, so kann man die Ursache der Empfindungen bei *geradliniger* Bewegung *nicht im Kopfe, speziell nicht im Labyrinth, lokalisieren.* Die bei geradliniger Bewegung auftretenden Empfindungen sind offenbar durch den Druck der Flüssigkeiten des Organismus gegen die Wände der Gefäfse, sowie durch die Bewegung der inneren Teile bedingt.

Beobachtungen von **Kreidl** (1891).*)

Rotationsversuche an Taubstummen, von denen wir durch die Untersuchungen MYDINGS**) wissen, dafs 56 % bei der Sektion pathologisch veränderte Bogengänge und 40 % Erkrankung des Vestibulums und der Cochlea aufweisen.

I. Augenbewegungen bei Taubstummen.

Nach MACH und BREUER besteht „die physiologische Funktion der Bogengänge darin, Drehungen des Kopfes und mittelbar des Körpers zu percipieren. Wir wissen ferner, dafs Bewegungen der Endolymphe in den Bogengängen reflektorische Muskelbewegungen anregen, und dafs so Bewegungen des Körpers, Kopfes und der bulbi entstehen".

KREIDL will die Richtigkeit dieser Ansicht prüfen.

„Es ist nun klar, dafs diese Augenbewegungen, die einer streng objectiven Untersuchung zugänglich sind, ein wertvolles Reagens abgeben können, und dafs wir aus dem gleichzeitigen Wegfall dieser Augenbewegungen und des Ohrlabyrinthes mit Recht auf die Funktion der Ohrbogengänge schliefsen dürfen."

---

*) ALOIS KREIDL. Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen an Taubstummen. PFLÜGERs Archiv für die gesamte Physiologie Bd. 51, p. 119—150. 1891.

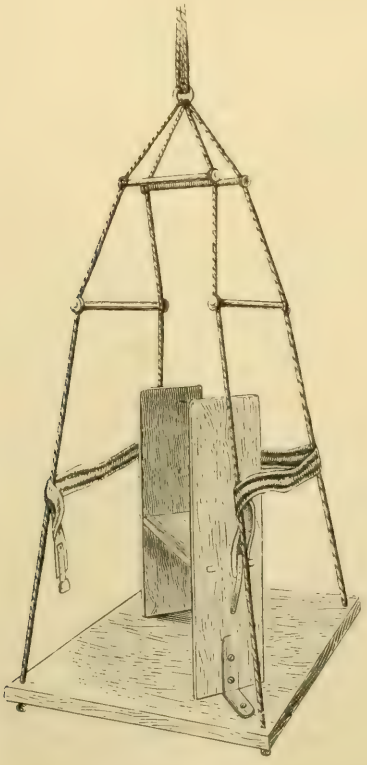
**) MYDING. Übersicht über die pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gehörorgane Taubstummer (Archiv f. Ohrenheilkunde, Bd. XXV p. 76).

Der Gedankengang ist folgender:

„Die Drehung des Kopfes bewirkt ein Zurückbleiben der Endolymphe in den Bogengängen, also ein entsprechendes Verbiegen der Härchen in den nervösen Endorganen der Ampullen, demnach eine Erregung der entsprechenden Nervenfasern und eine dem Bewufstsein wahrscheinlich nicht ganz unzugängliche reflektorische Erregung der entsprechenden Augenmuskeln. Funktioniert also der Bogengangapparat nicht, so bleibt trotz Drehung des Kopfes oder des ganzen Körpers die Bulbusbewegung aus.“

Behufs Beobachtung der Augenbewegungen am Menschen wurde folgender Apparat (Fig. 87) konstruiert. An den vier Ecken eines quadratischen Brettes von 1 m Seitenlänge wurden gleich lange Seile befestigt, die ungefähr in Mannshöhe über dem Brette zusammenliefen. Hier befand sich ein Ring, von welchem aus ein weiteres Seil, das beliebig verlängert oder verkürzt werden konnte, ausging, mittels welchem der ganze Apparat am Plafond des Turnsaals aufgehängt war. Auf dem Brett befand sich eine Holzbank mit zwei Lehnen. Alles Übrige ergibt sich aus Fig. 87.

Fig. 87.



Zur Anwendung des Apparats wird das obere Seil stark torquirt. Beobachter und zu Untersuchender nehmen hintereinander reitend Platz darin. Der Beobachter safs immer hinter dem zu Beobachtenden, so dafs er bequem die beiden Zeigefinger auf die geschlossenen Augen der Versuchsperson legen konnte. Auch der Beobachter schliefst die Augen, um sich auf diese Weise wenigstens teilweise von den unangenehmen Schwindelempfindungen zu befreien.

Auf sein Kommando wird der Apparat losgelassen, und, während er sich dreht, hat man Zeit die Augenbewegungen zu beobachten. Auf diese Weise wurden 109 Taubstumme (58 Knaben, 51 Mädchen) untersucht.

Annähernd 50 % (ungefähr der Prozentsatz MYDINGs) sämtlicher Taubstummen zeigten keine Augenbewegungen.

Demnach befinden sich die Augenbewegungen in direkter Abhängigkeit von den halbkreisförmigen Kanälen, in denen nach AUBERT das excitomotorische Organ liegt.

II. Täuschungen über die Vertikale bei Taubstummen.

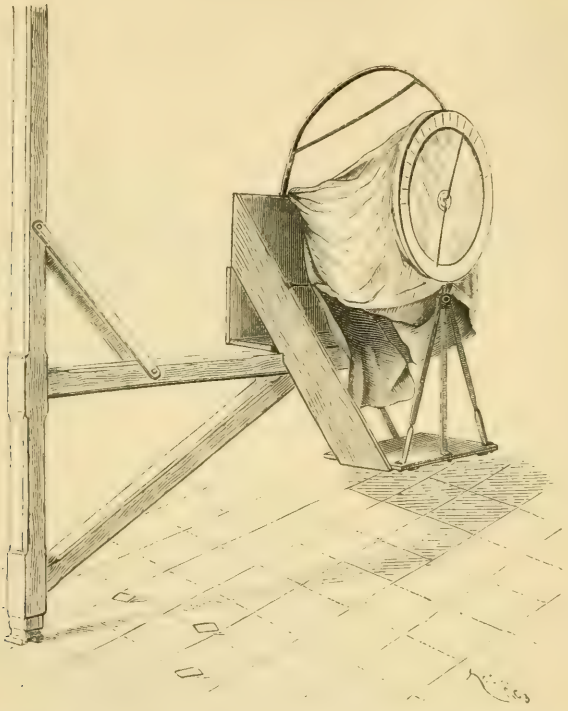
Versuche an Taubstummen in dieser Beziehung wurden zuerst von JAMES angestellt. Um über Änderungen in der Lage des Otolithenapparats urteilen zu können, mufs man ein sichtbares objektives Symptom besitzen. Für ein solches kann man die längst bekannte Erscheinung erklären, welche an den Augen beobachtet wird: beim Neigen des Kopfes nämlich führen die Augäpfel eine kompensatorische Raddrehung aus. Dieser Reflex wird durch die veränderte Kopfstellung gegen die Vertikale ausgelöst. Ferner ist bekannt (MACH), dafs, wenn man in einem Eisenbahnwagen auf einer Kurve fährt, die Häuser, Türme u. s. w. uns schief zu stehen scheinen. Diese Erscheinung hat darin ihren Grund, dafs bei Vertikalstellung des Kopfes nicht nur die Schwerkraft (Erdanziehung) auf denselben wirkt, sondern auch die horizontale Beschleunigung (die Centrifugalkraft), welche Verschiebungen der Otolithen und damit der Sinneshaare bewirkt. Diese Verbiegung der Härchen aber hat nach der Theorie, wie jede Neigung des Kopfes, eine kompensierende Drehung der bulbi auf dem Wege des Reflexes zur Folge.

Jedem *normalen* Menschen, der auf dem MACHschen Apparat (s. Fig. 80) in einem Papierkasten gedreht wird, an dessen Wand ein Pendel mit einem Gradbogen aufgehängt ist, welches bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit 10—20° ausschlägt, scheint es, wie MACH nachgewiesen hat, dafs dasselbe vertikal hängt, und der Kasten und man selbst eine schräge Stellung einnimmt. Auf Grund der zu prüfenden Theorie ist zu erwarten, dafs, da normale Menschen bei einer Rotation von gewisser Geschwindigkeit die Richtung der Vertikalen in veränderter Weise percipieren, die Taubstummen in dieser Hinsicht ein anderes Verhalten zeigen werden. Um dieses festzustellen, konstruierte KREIDL folgenden, an den MACHschen erinnernden Apparat (Fig. 88).

Derselbe besteht aus einem 4 m hohen, um seine Vertikalaxe drehbaren Balken. Horizontal zu demselben ist ein 2 m langer Arm angebracht, der an seinem freien Ende ein zweisitziges Brett trägt. Dasselbe hat eine Rücklehne und zwei Seitenlehnen. Die innere trägt noch ein Fufsbrett, das mittels zweier Eisenstangen gesichert ist. Von dem vorderen Rande des Fufsbrettes gehen drei konvergierende Eisenstäbe in die Höhe, welche eine mit einer Gradeinteilung versehene Holzscheibe tragen; dieselbe ist durch einen eisernen Reifen mit der Rückenlehne verbunden und kann von einer im Apparat sitzenden Person bequem mit der Hand erreicht werden. An der Peripherie der Scheibe sind zwei Tücher aus grauer, dichter Leinwand befestigt. Das obere gröfsere Tuch wird über den Kopf und Oberkörper der Versuchsperson geworfen, das untere, kleinere bedeckt die Beine. Die Enden dieses Tuches werden nach Art eines Spritzleders an beiden Seitenlehnen befestigt. Die Leinwand liefs zwar Licht durch, aber die äufseren Gegenstände konnten durch sie hindurch nicht unterschieden werden. Auf dem Zifferblatt dreht sich ein Zeiger, der, auf Null gestellt, eine genau vertikale

Stellung einnimmt. Mit diesem Zeiger war ein zweiter durch eine gemeinschaftliche Axe fest verbunden, der an der Innenseite der Scheibe sichtbar war und bequem mit der Hand vom Sitze aus verstellt werden konnte.

Fig. 88.



Dieser Apparat wurde von einer Person in Rotation gesetzt. Um eine gleichmäfsige Drehung zu erzielen, wurden auf den Boden Pappdeckelstreifen aufgeklebt, damit die Schrittlänge der den Apparat stofsenden Person möglichst dieselbe bliebe; 8 Schritte entsprachen einem Umgange. Bei den Versuchen Kreidls entsprach die Maximalzahl der Umgänge in der Minute 11 Drehungen bei einem Radius von 2 m. Bei dieser Rotationsgeschwindigkeit blieben die Versuchspersonen so ruhig und aufmerksam, dafs sie sich von ihren Empfindungen Rechenschaft geben konnten. Eine gröfsere Geschwindigkeit zog starke subjektive Empfindungen (Schwindel, Übelkeit) nach sich mit dem Gefühl, als ob man aus dem Sitz herausgeschleudert würde.

Den Taubstummen mufs man beim Beginn geduldig klar machen, was man von ihnen wünscht.

Zunächst unterwarfen sich auf diesem Apparat 71 normale Personen dem Versuch, wobei es sich heraustellte, dafs beim Drehen des Zeigers (mit einer einzigen Ausnahme) von ihnen niemals vertikal, sondern durchschnittlich bei einer Drehung von 11 Umgängen Geschwindigkeit in der Minute um $8^1/_2{}^0$ *seitlich von der Vertikalen* gestellt wurde.

Dieselben Versuche, an Taubstummen angestellt, von denen nur die erwachsenen und intelligenteren genommen wurden, ergaben, dafs von *62 taubstummen Personen 13* den Zeiger beim Drehen nahezu vertikal (Abweichung $2^1/_2{}^0$) stellten und dafs die übrigen ihn durchschnittlich um $6^1/_3{}^0$ zu weit drehten.

Ferner stellte sich heraus, dafs (es werden alle Fälle mit einer Abweichung von $2^1/_2{}^0$ nach der einen oder anderen Seite in Betracht gezogen) alle diejenigen Taubstummen den Zeiger annähernd vertikal stellten, bei denen die *reflektorischen Augenbewegungen fehlten*. Die erhaltenen Ergebnisse entsprechen den Berechnungen Mydings, nach welchen bei Taubstummen die Bogengänge viel häufiger erkrankt sind als das Vestibulum. Es ist anzunehmen, dafs das Wegfallen der Täuschung bei Taubstummen eine Folge des mangelnden Otolithenapparates ist.

III. Lokomotion der Taubstummen.

Breuer sprach schon längst (1874) die Ansicht aus, dafs der Otolithenapparat vor allem zu der auf dem Wege des Reflexes vor sich gehenden schnellen Regulierung und Kompensierung der unbedeutenden kleinen Bewegungen notwendig sei, welche beim Balancieren, z. B. auf einem Seil, ausgeführt werden müssen. Es ist undenkbar, dafs die Kunst des Seiltänzers und dgl. ohne einen solchen automatisch arbeitenden Apparat, nur durch die mittels des Gefühls der Gelenke und der Muskeln erworbenen Empfindungen erreicht werden kann.

Schon James nahm wahr, dafs die Taubstummen beim Gehen die Beine weit auseinanderspreizen und schwerfällig von einer Seite zur andern schwanken; bisweilen gehen sie selbst im Zickzack. In der Taubstummenanstalt, in welcher Kreidl seine Versuche anstellte, hatten die Lehrer schon längst bemerkt, dafs ihre Zöglinge die Beine nicht aufhoben, sondern mit denselben am Boden entlang schlürften, als ob sie die Stelle, auf welche sie den Fufs setzten, vorher betasteten. Es zeigte sich, dafs die meisten der untersuchten Tauben bei geschlossenen Augen weder geradeaus gehen, noch sich auf einem Bein halten konnten.

Schwindel infolge elektrischen Stromes.

Als Volta seine Ohren in eine galvanische Kette von 40 Plattenelementen einschaltete, vernahm er beim Schliefsen der Kette Zischen und abgerissenes Summen. Ritter[214]) vernahm in dem betreffenden Augenblicke einen Ton. Purkinje wies zuerst genauer auf die Richtung der scheinbaren Bewegung beim Schliefsen und Öffnen der Kette hin. An den äufseren Platten einer galvanischen Batterie befestigt man zwei mit Silberdraht umwickelte Guitarresaiten. Ihre freien Enden mit den daran befindlichen angefeuchteten Läppchen werden in die Gehörgänge eingeführt. Befindet sich die Zinkelektrode in dem *linken*, die Kupferelektrode in dem *rechten* Ohr, so tritt Schwindel *vom rechten Ohr nach oben links* auf, und umgekehrt bei entgegengesetzter Anordnung des Versuchs. Beim Entfernen der Leitungsdrähte tritt Schwindel nach der entgegengesetzten Seite auf. Dagegen wurde beim Anlegen der Drähte an andere Teile des Schädels kein Schwindel beobachtet.

[214]) Ritter. Hufelands Journal für praktische Heilkunde. Bd. 17. Heft 3. p. 34, 72. l. c.

Beobachtungen **Hitzigs** (1871).[215])

Hitzig wiederholte die Versuche Purkinjes sehr sorgfältig und erweiterte sie durch viele neue Beobachtungen.

1. Der Schwindel tritt nicht bei momentaner Anwendumg des Stromes, sondern bei hinlänglich andauerndem Galvanisieren des *Kopfes* auf. Am leichtesten entsteht Schwindel oder Scheinbewegung beim Durchleiten des Stromes von der einen fossa mastoidea nach der anderen, weniger leicht bei diametralem Galvanisieren des Hinterkopfs, noch schwerer, sobald der Strom durch den vorderen Teil des Kopfes geleitet wird. Etwas schneller tritt der Schwindel auf, wenn man eine der Elektroden an eine fossa mastoidea und die andere an einen beliebigen indifferenten Punkt ansetzt, so dafs der Strom in sagittaler Richtung geht oder mit derselben einen Winkel bildet. Die Lage der Leitungsdrähte in den Sagittalebenen ist für das Auftreten des Schwindels nicht günstig. Der Schwindel ist um so stärker, je näher eine oder beide Elektroden dem Felsenbein anliegen.

2. Stromschwankungen ziehen mehr oder weniger starken Schwindel nach sich. Bei konstantem Strome hört der Schwindel nicht auf und verschwindet auch bei mäfsig starkem während der Dauer des Galvanisierens nicht; nur bei schwachem Strome verringert er sich allmählich.

3. Bei verhältnismäfsig *schwachen* Strömen empfindet man ein unbestimmtes Gefühl der Unsicherheit hinsichtlich der räumlichen Beziehung des eigenen Körpers zu dem umgebenden Medium, *ohne* jeden scheinbaren Schwindel oder wirkliche Bewegung des eigenen Körpers.

4. Bei *stärkeren* Strömen wird das Urteil über die räumliche Beziehung des eigenen Ich's zu den äufseren Medien trügerisch. Jetzt schon *tritt eine scheinbare Bewegung auf*, deren Richtung von der Ansatzstelle der Elektroden abhängt. Selbst bei ausgeschlossenem Sehvermögen (bei Blinden) tritt eine *scheinbare* Bewegung ein, die bestimmten Gesetzen unterworfen ist und *nicht auf die äufseren Gegenstände*, sondern auf den eigenen Körper bezogen wird.

Beim Schliefsen eines Stromes von mäfsiger Stärke entsteht die *Empfindung* (und nur diese), als ob sich der Kopf oder der ganze Körper nach der Seite der Kathode neige; ist der Strom geschlossen, so *empfindet* die Versuchsperson während der ganzen Zeit eine Drehung des Körpers um die horizontale Mittelaxe in der Richtung *nach der Kathode*. Beim Öffnen des Stromes wird das Bestreben *empfunden* (aber nur empfunden), nach der *Anode* zu fallen.

5. Bei *starken* Strömen treten bereits, abgesehen von *subjektiven Empfindungen, objektive Bewegungen des Körpers* auf. Beim Schliefsen des Stromes rückt der Kopf oder der ganze Körper *nach der Seite der Anode*, beim Öffnen nach der Seite der *Kathode*. Dauert der Strom längere Zeit fort, so kann die seitliche Stellung allmählich ganz verschwinden; indessen tritt letzteres nie bei sehr starken Strömen und ohne längere Gewöhnung ein.

Der Selbstbeobachtung fähige Personen versichern mit Bestimmtheit, dafs die von ihnen ausgeführte Bewegung vollkommen willkürlich ist, veranlafst durch die *Empfindung*, als ob Kopf und Körper sich nach der Seite der Kathode neigen; infolgedessen herrscht das Bestreben, sich im Gleich-

---

[215]) Hitzig. Über die beim Galvanisieren des Kopfes entstehenden Störungen der Muskelinnervation und der Vorstellungen vom Verhalten im Raum. Archiv von Reichert und Dubois-Reymond 1871.

gewicht zu halten, und führt zu kompensatorischen Bewegungen nach der der scheinbaren Drehung entgegengesetzten Seite.

6. Bei offenen Augen tritt scheinbare Bewegung der erblickten Gegenstände auf; sie fällt mit der Richtung des von Kopf und Körper *empfundenen* Schwindels zusammen, der beim Schliefsen der Augen noch deutlicher verspürt wird. Die Ursache dieser scheinbaren Drehung mufs in den Augenbewegungen gesucht werden. Bei stärkeren Strömen treten unwillkürliche und unbewufste Augenbewegungen auf, die nicht aufhören, solange der Strom fortdauert. Bei gleichmäfsigem konstanten Strome vermindern sie sich. Im Augenblick des Stromschlusses oder bei bedeutender negativer Schwankung des Stromes, selbst nach seinem Aufhören, vollführen die Augen noch eine Zeitlang Bewegungen, aber nach der *entgegengesetzten* Seite.

Bei gesunden Leuten sind die Augenbewegungen fast stets associiert und erinnern in ihrer Art an Nystagmus. Bei schwachen Strömen bemerkt man stets eine schnell ruckartig ausgeführte Bewegung nach der einen Seite und eine langsame nach der anderen. Mit dem Stärkerwerden des Stromes wird der Rhythmus der Bewegungen allmählich immer stärker, bis endlich bei sehr starkem Strome der bulbus seine Normalstellung verläfst und im Augenwinkel leise oscilliert. Die Richtung der einzelnen Bewegungen ist von der Ansatzstelle der Elektroden abhängig. *Die schnellen ruckweisen Bewegungen geschehen stets vom positiven Pol her* (d. h. in der Richtung der scheinbaren Drehung des Kopfes), *die langsamen in der entgegengesetzten Richtung.**) Wird z. B. die *Anode* in die *rechte*, die *Kathode* in die *linke* fossa mastoidea eingeführt (hierbei geschieht die scheinbare Bewegung des Kopfes nach links), so ist der Ruck nach *links* gerichtet, und bei starken Strömen verbleiben beide bulbi im *linken* Augenwinkel. Wird nur eine Elektrode am Kopfe angelegt, so kann man an normalen Individuen beobachten, dafs die Augenbewegungen nicht vollkommen associiert sind, dafs nämlich an dem einen Auge die Drehungen um die Sagittal-, am andern um die Vertikalaxe vor sich gehen.

Hitzig erklärt die Erscheinung des galvanischen Schwindels durch *Fälschung des Muskelgefühls:*

„Der Selbstbeobachtung fähige Personen haben bei Kettenschliefsung auf das bestimmteste die Empfindung, als wenn sie in jedem Augenblicke nach der Kathode versänken oder gedreht würden, als wenn sie auf jener Seite leichter würden. Eine derartige Empfindung kann in gegebenem Falle nur dadurch entstehen, dafs ein fremder Faktor in den Apparat eingeführt wird, welcher dem Sensorium Nachrichten von dem Zustande der Gesamtmuskulatur zuführt, mit einem Worte, dafs das *Muskelgefühl gefälscht wird.*

Einwand **Breuers** (1874) gegen **Hitzig.**

Br. hält die Deutung H.s für unzutreffend mit der Begründung, dafs die allererste Empfindung diejenige einer Drehung des Körpers und des Kopfes ist; alles übrige ist eine Folge dieser Empfindung. Bei diesem Prozesse ist das Muskelgefühl nicht beteiligt, da die scheinbare Drehung auch bei absolut erschlaffter Muskulatur in liegender Stellung empfunden wird.

---

*) „Die Richtung der einzelnen Bewegungen hängt derart von der Wahl der Einströmungsstellen ab, dafs die schnellere ruckende Bewegung immer in der Richtung des positiven Stromes erfolgt, die langsamere in der entgegengesetzten Richtung."

Einwand **Breuers** (1875) gegen **Hitzig.**

Auf Hitzigs Einwurf, dafs Breuer einige seiner Erklärungen nicht in Rechnung gezogen hätte, entgegnete Br.: er leugne nicht die Möglichkeit des Auftretens von Schwindel infolge elektrischer Reizung des Gehirns, schreibe jedoch die Folgeerscheinungen auf Rechnung der *Reizung des Labyrinths*. Für diesen Schlufs spricht der Umstand, dafs, *je näher die Ansatzstelle der Elektroden dem Ohr sich befindet*, desto stärker der Schwindel auftritt; sein Maximum erreicht er, wenn die Elektroden in die beiden fossae mastoideae eingeführt sind.

Beobachtung **Machs** (1875).

Mach rief, wie er meint, Schwindel bei Fischen durch einen konstanten elektrischen Strom von 6 Smee-Elementen hervor. Zum Versuche dienten kleine Exemplare von Cobitis barbatula. Die 7 cm langen Fische schwimmen in Wasser, welches Spuren von Kochsalz enthält. Sofort nach Einleitung des Stromes durch den Kopf mittels zweier Platinelektroden sind die Fische wie leblos und drehen sich auf den Rücken, denselben stets dem Zinkpol zuwendend. Nach dem Öffnen der Kette erholen sich die Tiere und schwimmen munter umher. Mehrmals wiederholt, ruft der Versuch bereits selbständigen *Schwindel* mit tödlichem Ausgang hervor. Dieser Versuch ergänzt die Beobachtungen Hitzigs.

Beobachtungen **Breuers** (1890).

(l. c. p. 242.) Durch die vorangehenden Versuche konstatierte man bei Einleitung des Stromes die Empfindung einer Neigung zur Seite der Kathode und eine Entfernung von der Anode. Die Frage liegt nahe, welche Erscheinung das Aufsetzen beider Elektroden auf *einer* Seite des Ohres und zwar der einen auf die äufsere, der anderen auf die innere Fläche des Felsenbeins hervorrufen würde. Zur Beobachtung dieser Erscheinung (die Versuche wurden gemeinsam mit Urbantschitsch angestellt) setzte Br. eine Elektrode auf die äufsere Oberfläche des linken warzenförmigen Fortsatzes und führte die andere in die linke tuba Eustachii ein. Die Stromstärke wurde am Rheostaten so lange gesteigert, bis deutliche Scheinbewegung auftrat. Breuer empfand stets eine Neigung nach links, wenn die Kathode am processus mastoideus, nach rechts, wenn sie in der Eustachischen Tube sich befand. Versuche mit Einführung einer Elektrode in die Eust. Tube und Anlegen der andern an irgend einem indifferenten Punkte des Körpers führten zu keinen bestimmten Resultaten, da sich vor dem Auftreten der scheinbaren Bewegungen Muskelkontraktionen und lokale Schmerzen zeigten, welche die Versuche abzubrechen nötigten.

Man mufs annehmen, dafs die angeführten Erscheinungen nicht von der Reizung der Ampullen, sondern der Nervenendigungen im utriculus abhängen. Diese Ansicht ist indessen noch bestimmter zu begründen. Durch diese Beobachtungen, sowie durch die früher geschilderten Versuche Breuers selbst (1888, S. 274) und Ewalds (1890, S. 277) wird die Abhängigkeit der scheinbaren Empfindungen von der Reizung des Labyrinths und die Unrichtigkeit der Erklärung Hitzigs bewiesen.

Beobachtung von **J. Pollak** (1893).*)

I. Untersuchungen an Normalen — quere Galvanisation.

Ansatzstellen der Elektroden: Tragus und seine nächste Umgebung.

Die Stromstärke, welche notwendig war, bei Normalen das subjektive Gefühl von Schwindel und das objektive Symptom der Kopfschwankung hervorzurufen, war durchschnittlich 8—5—13 M. A.

Bei Schliefsung der Kette macht der Kopf konstant eine Ruckbewegung nach der Seite der Anode, bei Kettenöffnung eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung nach der Kathode hin. Läfst man den Strom dauernd einwirken, so beobachtet man häufig ein Fallen des Oberkörpers gegen die Anode.

Zugleich sind Erscheinungen von Augennystagmus vorhanden.

II. Versuche an Taubstummen.

Von 82 Taubstummen waren die Kopfbewegungen fraglich oder unregelmäfsig bei 5 = 6 % und nicht vorhanden bei 27 = 33 %; die Augenbewegungen waren fraglich oder schwach bei 4 = 4,9 % und nicht vorhanden bei 25 = 30,5 %; weder Augen- noch Kopfbewegungen hatten 24 = 29,3 %.

Die Drehversuche von KREIDL ergaben bei 64 Taubstummen: zweifelhafte Kopfbewegungen bei 5 = 7,8 %; keine Kopfbewegungen bei 23 = 36 %; zweifelhafte Augenbewegungen bei 4 = 6,2 %, keine Augenbewegungen bei 22 = 34,4 %; weder Kopf- noch Augenbewegungen hatten 21 = 32,8 %; ganz normal verhielten sich 31 = 48,5 %.

MYGIND hat eine Übersicht über die pathologische Anatomie der Taubstummheit, beruhend auf 118 aus der Litteratur gesammelten Fällen geliefert. Da aus dieser Zusammenstellung sich ergibt, dafs blofs bei 28 % der Fälle, also annähernd der Zahl des POLLAKschen Befundes, die Bogengangsapparate vollständig fehlten, während bei den übrigen Fällen nur ein oder zwei Bogengänge pathologische Veränderungen zeigten, so wäre die Annahme berechtigt, dafs der Ausfall der Kopf- und Augenbewegungen bei ca. 30 % der Taubstummen mit einer Zerstörung der Bogengangsapparate einherginge und somit für die von BREUER angenommene Funktion der Bogengänge des Otolithenapparates spräche.

Beobachtungen über das passive Drehen (das Centrifugieren) der Tiere.

Aus den oben angeführten Versuchen am Menschen liefs sich die Frage hinsichtlich der Lokalisation der anormalen Empfindungen noch nicht vollständig lösen.

Die Arbeit E. KNYs: Untersuchungen über den galvanischen Schwindel. Dissert. Strafsburg 1887, ist mir leider, weil vergriffen, nicht zugänglich gewesen. D. Herausg.

*) JOSEPH POLLAK. Über den „galvanischen Schwindel" bei Taubstummen und seine Beziehungen zur Funktion des Ohrlabyrinths. PFLÜGERs Arch. für die gesamte Physiologie. Bd. LIV. Heft 4. 1893.

Alle Forscher stimmen darin überein, dafs die Ursache der Mehrzahl dieser Empfindungen *im Kopfe* zu suchen ist. Die Rotationsbewegungen werden nach der Ansicht von Mach, Breuer und Delage von den Bogengängen percipiert, die mit der gröfsten Präcision die geringsten Geschwindigkeitsschwankungen wahrnehmen, und die geradlinigen Fortbewegungen nach der Meinung Machs und Breuers vom utriculus, nach der Ansicht von Delage aber vom gesamten Organismus empfunden. Diese Meinungsverschiedenheit gedachte man durch Drehversuche an Tieren, an denen man nach Belieben das ganze Labyrinth entfernen kann, auszugleichen. Derartige Beobachtungen sind sowohl an Wirbeltieren (an Tauben, Fröschen und Kaninchen), als auch an Wirbellosen angestellt.

Zu den soeben erwähnten Versuchen (Rotationsversuchen) bedient man sich gewöhnlich einer Drehscheibe (Centrifugalscheibe), auf der man das zu untersuchende Tier rotiert (dreht, centrifugiert).

Experimente über das Centrifugieren der Wirbellosen.

Beobachtungen von **R. Schäfer** (1891).*)

Schäfer stellte seine Beobachtungen zunächst an Krebsen, Insekten, Spinnen und Regenwürmern an. Dieselben erwiesen sich aber wegen ihrer unaufhörlichen Spontanbewegung als vollkommen ungeeignete Objekte.

Über das Verhalten von *Schnecken* auf der Drehscheibe kann Sch. mit aller Sicherheit Konstatiertes berichten.

Der Radius der kleinen, zu den betreffenden Versuchen dienenden Drehscheibe betrug circa 10 cm. Die Schnecken wurden nun auf diese Drehscheibe zwischen Peripherie und Centrum derartig aufgesetzt, dafs jedesmal der Leib vor der Rotation eine genau gerade Linie bildete und seine Längsaxe mit einem Radius zusammenfiel. Der Kopf war nach der Peripherie gekehrt.

a) *Wenige, langsame Drehungen im Sinne des Uhrzeigers, also von links nach rechts:* Diesem Versuch wurden 100 Schnecken unterzogen, „von denen 84 den Kopf der Rotationsrichtung entgegendrehten; von dem Rest waren 3 so gut wie nicht affiziert, die übrigen wandten den Kopf im Sinne der Rotation. Als aber die letzteren noch einmal geprüft wurden, kehrten auch von ihnen die meisten den Kopf gegen den Uhrzeiger".

b) *Wenige, langsame Drehungen in dem Uhrzeiger entgegengesetztem Sinne:* Auch hier wurden 100 Exemplare zur Beobachtung herangezogen. Von diesen „wandten 74 den Kopf gegen die Drehrichtung, nur 4 blieben unbeeinflufst, der Rest, welcher aus äufseren Gründen nicht zum zweiten Male untersucht werden konnte, richtete den Kopf im Sinne der Rotation".

c) *Mehrere Minuten lang fortgesetzte Rotation:* 40 Schnecken wurden geprüft, 2 zeigten keine Reaktion. „Die Mehrzahl der anderen indessen

*) Rud. Schäfer. Über den Drehschwindel bei Tieren. Naturwissenschaftliche Wochenschrift No. 25 S. 248. 1891. 21. Juni. (Autoreferat.)

Näheres: Pflügers Archiv f. Physiol. Bd. 41 S. 566 ff. Von demselben Autor.

kehrte sich völlig um — der Kopf sah also auch hier anfangs nach der Peripherie —, kroch geraden Weges auf das Centrum zu, wand sich an dem hier zur Fixation der Drehscheibe angebrachten Schraubenkopf in die Höhe und umkreiste ihn entgegen der Drehrichtung. Einige zogen es dagegen vor, statt auf das Centrum zu, an dem Rande der Scheibe entlang, der Drehung entgegen, zu kriechen, und ein dritter Teil endlich kombinierte gewissermafsen diese beiden Bewegungsarten und näherte sich in einer Spirale dem Mittelpunkte der Scheibe. — *In der Richtung der Rotation bewegte sich keine einzige.* Ebensowenig konnte nach dem Versuche etwas dem Drehschwindel der Vertebraten Ähnliches beobachtet werden."

Ob man nun berechtigt ist, das verschiedene Verhalten der Schnecken auf der Drehscheibe als *Fluchtversuch* aufzufassen, läfst Sch. dahingestellt, möchte sich aber eher *dagegen* entscheiden.

Rotationsversuche an normalen und otolithenlosen Krebsen von Kreidl (1893).

Kreidl benutzte zu diesen Experimenten denselben Apparat, welchen er bei seinen Rotationsversuchen an Fischen in Anwendung gezogen hatte (siehe S. 387).

Die Krebse wurden in flachen Glasschalen rotiert. Die Geschwindigkeit: 2—3 Umdrehungen in der Sekunde. Bei der Rotation läuft das normale Tier sofort gegen die Drehungsrichtung, sich hierbei an der Peripherie der Schale haltend; im Augenblick, da die Drehrichtung umgekehrt wird, läuft das Tier kurze Zeit nach rückwärts, dreht sich dann um und läuft von neuem gegen die Drehrichtung. Ein Palämon, dem die Otolithen mit einer Nadel entfernt worden waren, läuft bald in der Drehrichtung, bald gegen die Mitte der Schale, oder er dreht sich einige Male um seine vertikale Axe. Geblendete Tiere benehmen sich ganz hilflos. Nebst Palämon wurden von Kreidl Pagurus, Grangon etc. rotiert. Prompte Reaktion zeigte blofs Palämon. Andere Krebse (Brachyuren) zeigten keine Reaktion.

Experimente über das Centrifugieren der Wirbeltiere.

Nach Schäfer (l. c.) zeigen alle bisher daraufhin geprüften Wirbeltiere auf der horizontalen Drehscheibe im allgemeinen nachstehendes Verhalten:

Sobald man mit der Drehung beginnt, wird der Kopf in dem der Rotation *entgegengesetzten* Sinne verdreht.

1. Ist das Versuchstier so auf die Centrifugalscheibe gesetzt, dafs seine *Längsaxe mit einem Radius* zusammenfällt, und wird nun nach *rechts* rotiert, so bleibt der Kopf *nach links* zurück.

2. Steht aber die Längsaxe des Tieres *senkrecht zum Radius*, so wendet sich *der Kopf*,

a) wenn das Tier mit dem Kopf *voran* gedreht wird, vom *Centrum weg nach aufsen*,

b) bei Rückwärtsdrehung aber *nach dem Centrum hin*.

Diese Kopfwendung ist *absolut konstant* und bleibt während der ganzen Dauer des Versuchs bestehen. — Nicht so ganz regelmäfsig läuft das Tier

*) A. Kreidl. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. II. Mitteil. Versuche an Krebsen. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften. CII. Bd. II. Heft. 1893.

am Rande der Scheibe entlang immer im Kreise herum im entgegengesetzten Sinne der Drehung.

Ferner neigen sich die Tiere, ebenso wie die Menschen, nach welcher Seite hin auch die Drehung geschehen möge, mit dem *Oberkörper schräg nach innen*, der Rotationsaxe zu, und zwar um so stärker, je rascher die Bewegung.

Folgeerscheinungen.

In dem Momente, wo die Rotation aufhört, beginnen die Tiere meist stürmisch dieselbe aktiv fortzusetzen und ein getreues Abbild der passiven zu produzieren.

(Zwangsbewegungen in Gestalt von Uhrzeigerbewegung, Manègebewegung, Rollbewegung um die eigene Längsaxe.)

Deutlichkeit und Intensität der nachfolgenden Zwangsbewegungen ist eine sehr verschiedene.

„Stets aber bildet den Schlufs der Reaktion auf die passive Drehung ein Hin- und Herpendeln des Kopfes von einer Seite zur anderen, welches dann nach einer Weile von oscillierenden Bewegungen der Augen überdauert zu werden pflegt."

Drehversuche an Fischen.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Bei Drehung in normaler Lage in der Horizontalebene neigen sich die Fische seitwärts; bei Drehung um die Längsaxe kompensieren die Augäpfel die Bewegungen in beträchtlichem Grade.

Beobachtung von **Tomaszewicz** (1877).

Oberflächliche Beobachtungen über die passive Drehung der Fische ergaben ein negatives Resultat.

Beobachtung von **Kreidl** (1892).*)

Ausgeführt wurden die Drehversuche in Glasschalen (von 20—30 cm D.), welche um ihre Axe gedreht werden konnten, oder in Glascylindern (von 30—40 cm Höhe, von 8—10 cm Durchmesser), welche sowohl um ihre Längsaxe als auch horizontal um ihre Mitte gedreht werden konnten. Als Versuchsobjekte dienten Haifische von der den Glasgefäfsen entsprechenden Gröfse. Dauer der Drehung $^1/_2$—1 Minute mit mittlerer (4—6 Umdrehungen in der Sek.) oder grofser Geschwindigkeit (10—12 Umdrehungen in der Sek.).

Verhalten der normalen Tiere: Nachdem das Tier in einem horizontal liegenden Cylinder im Sinne eines Uhrzeigers gedreht worden war, schwimmt es ins Wasser geworfen, im Kreise im Sinne des Uhrzeigers herum; wird das Tier um seine Längsaxe in einem vertikal stehenden Cylinder gedreht, so führt es, ins Wasser geworfen, einige Drehungen um dieselbe Axe aus (nicht so sicher, wie früher). Beim Drehen in einer flachen Glasschale schwimmt das Tier gegen die Drehrichtung; wechselt man die Drehrichtung, so kehrt sich auch das Tier um, wobei es sich an die Peripherie des Gefäfses hält. — Haifische mit zerstörtem Labyrinth konnte man zum Vergleich mit

*) KREIDL. Versuche an Fischen l. c.

den normalen nicht heranziehen, weil sie auch ohne vorhergehende Drehung, wenn man sie in das Bassin schüttete, stürmische Rotationsbewegungen ausführten.

Einfluſs der Centrifugalkraft auf normale und otolithenlose Fische: Normale Tiere wurden in einer flachen *Glasschale* mehr als 15 mal in der Sek. rotiert; sie stellten sich dabei in die Richtung der Resultierenden von Schwerkraft und Centrifugalkraft, in der Weise, daſs sie sich mit dem Rücken gegen die Drehungen, mit der Bauchseite nach auſsen hinneigten.

Haifische, denen beiderseits die Otolithen entfernt waren, zeigten keine Schiefstellung bei schneller Rotation und nahmen die schon vorher oben geschilderten Stellungen ein.

Drehversuche an Fröschen.

Beobachtungen von **Goltz**.

Goltz beschrieb zum erstenmal Versuche mit einem der *Rotation auf einer Drehscheibe* ausgesetzten Tiere. Wird der Frosch auf die nach rechts rotierende Scheibe gesetzt, so bewegt er sich nach links. Dasselbe bemerkt man an einem entgroſshirnten Frosch. Ein Frosch aber, der bei unversehrtem Rückenmarke des Groſshirns und der thalami sowie lobi optici beraubt ist, reagiert auf die Rotation nicht mehr. Goltz verlegt daher das „Gleichgewichtscentrum“ in das Mittelhirn (Vierhügeln). (l. c. Steiner).

Beobachtung **Breuers** (1875).

Bei Rotation in normaler Lage in der Horizontalebene neigen sich die Frösche seitwärts; bei Drehung um die Längsaxe compensieren die Augäpfel die Bewegungen in beträchtlichem Grade, jedoch schwächer als bei Fischen.

Beobachtungen von **Anna Tomaszewicz** (1877).

Anordnung des Versuchs: Die Frösche wurden in verschiedenen Stellungen in einem besonders konstruierten Kasten um verschiedene Axen in Rotation versetzt. Im Augenblicke des Anhaltens warf man sie in ein groſses, mit Wasser gefülltes Gefäſs, in dem sie frei schwimmen konnten. Die einzigen konstanten Erscheinungen nach passiver Drehung waren schräge Stellung des Kopfes und Bewegung des Körpers in der Richtung der vorausgegangenen Rotation. Daſs einer Rotation um eine bestimmte Kopfaxe jedesmal eine bestimmte Art von Körperbewegungen entspräche, konnte nicht festgestellt werden. Nach Drehung um die Längsaxe traten bisweilen Manège-, bisweilen Drehbewegungen auf. Manchmal wechselte die Bewegungsart: nach einer Drehung im Sinne des Uhrzeigers sah T. häufig Rollbewegungen um die Längsaxe des Körpers.

Beobachtungen **Steiners** (1885).[216])

1. Ein seiner groſsen Hemisphären beraubter Frosch wurde auf eine Holzscheibe von 30 cm Durchmesser gesetzt, in der Richtung des Radius

[216]) J. Steiner. Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirns. Mit 32 Holzschnitten. 1885.

p. 104—124. Theorie der Zwangsbewegungen: die Manègebewegung, die Roll-

mit peripheriewärts gewandtem Kopf. Hierauf liefs man die Scheibe ins Wasser und versetzte sie mit den Händen in Rotation. Dabei neigte sich das Tier nicht nach der der Rotation entgegengesetzten Seite, sondern beschrieb auf dem Brettchen in dieser Richtung Kreise, deren Radius entweder gleich der Körperlänge oder etwas gröfser war. Diese Kreisbewegung dauerte, so lange die Scheibe gedreht wurde. Die Bewegung des Körpers begann stets am stark seitwärts gewandten Kopfe und ging dann auf den ganzen Rumpf über. Sobald die Scheibe zu drehen aufhörte, bewegte sich der Frosch in der Richtung der stattgefundenen Rotation im Kreise herum, zog man die Scheibe unter dem Frosche hinweg, so fuhr er fort, im Wasser eine Reihe von Kreisen zu beschreiben, die allmählich in eine Archimedische Spirale übergingen.

2. Bei *sehr langsamer Rotation* der Scheibe wird nur Neigung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite beobachtet. Nach dem Anhalten dreht sich der Kopf nach der Seite der Rotation. Erst allmählich stellt er sich in die Normallage ein.

3. Bei *schneller Rotation* wird der Frosch in kurzer Zeit ruhig und drückt den Kopf samt dem Rumpf gegen das Brettchen. Mit Beendigung der Rotation tritt Gegendrehung ein. Ganz identische Erscheinungen werden an einem vollkommen gesunden Frosche beobachtet, nur ist es schwer, das Tier in der betreffenden Stellung zu erhalten.

4. Jede *Verzögerung* oder jeder *Stillstand* (MACH) der Rotation ist von einer Gegendrehung begleitet. Das Bestreben zu letzterer ist so stark ausgeprägt, dafs selbst die Richtung durch Reizung des Mittelhirns hervorgerufener Zwangsbewegung durch dasselbe geändert wird. So z. B. geht ein Tier mit einer Zwangsbewegung nach rechts, nachdem es nach links rotiert worden ist, im Kreise, wie ein ganz gesunder Frosch.

5. Die angeführten Beobachtungen wurden auch mittels der Centrifugalmaschine bestätigt. Es ergab sich, dafs das Tier nur bei Beginn und bei einer Verzögerung der Rotation, nicht aber bei gleichförmiger Drehung eine Gegendrehung ausführte. Ferner zeigte das Tier, an welche Stelle der Centrifugalscheibe es auch gesetzt werden mochte, stets ein und dieselben Erscheinungen. Die Enderscheinungen traten am deutlichsten auf, wenn man den Frosch nach ausgeführter Rotation in ein mit Wasser gefülltes Bassin warf; alle Bewegungen endigten hier mit einer Archimedischen Spirale; dieselbe weist auf ein allmähliches „Abklingen“ der Reizung hin.

Der Unterschied zwischen den an Menschen (MACH) und den an Fröschen beobachteten Erscheinungen besteht darin, dafs bei den ersteren die Rotation nur *Bewegungsempfindungen* hervorruft, während sie bei letzteren zu *wirklichen Bewegungen* führt.

6. Einem Frosche wird der thalamus opticus entfernt. Auf der Scheibe neigt sich der Kopf nach der der Rotation entgegengesetzten Seite. Die Enderscheinungen treten nicht scharf hervor, da solche Frösche, ins Wasser geworfen, sich schnell auf den Grund niederlassen und daselbst unbeweglich sitzen bleiben.

Nach Entfernung des Mittelhirns beobachtet man merkwürdigerweise dieselben Erscheinungen, wie nach Entfernung der grofsen Hemisphären,

---

bewegung, die Uhrzeigerbewegung. Es wird nachgewiesen, dafs die Zwangsbewegungen krummlinige Bewegungen sind, die durch asymmetrische Reizung oder Schwächung der normalen Innervation verursacht sind.

p. 125—139. Beobachtungen auf der horizontalen Drehscheibe.

d. h. es beteiligt sich an der Bewegung nicht allein der Kopf, sondern auch der ganze Rumpf. Die Enderscheinungen treten im Wasser präzise hervor. Die Anfangserscheinungen sind schon früher von LUCHSINGER*) beobachtet worden, der zu dem Schlusse gelangte, dafs das Gleichgewichtscentrum im vordern Teile des Nackenmarks liegen müsse. In der That reagieren die Frösche nach Entfernung der vordersten Teile des Nackenmarks auf Rotation nicht mehr.

Um zu entscheiden, weshalb ein Frosch ohne Mittelhirn auf Rotation stärker reagirt, als ein desselben nicht beraubter, nahm ST. eine symmetrische Zerstörung dieses Gehirnteils vor. Diese Versuche zeigten, dafs, sobald man an diejenige Stelle gelangt war, deren Reizung unkoordinierte Schwimmbewegungen hervorrief — nämlich an den hintersten Teil des Mittelhirns —, auf der Drehscheibe zugleich mit den Bewegungen des Kopfes auch solche des Rumpfes auftraten.

Man kann das ganze Gehirn bis zum Nackenmark entfernen, ohne dafs die Kopfbewegungen verschwinden.

7. Um die Rolle der Bogengänge bei diesen Bewegungen kennen zu lernen, setzte STEINER einen Frosch auf die Centrifugalmaschine, dem beide n. acustici nach der Methode von SCHIFF (1858—59) vom Rachen aus durchschnitten waren (s. Abschnitt über die Experimentalmethoden).

Hierbei stellte sich heraus, dafs der *Kopf auf Rotation, wie bei den vorausgehenden Versuchen, reagierte, während der Rumpf unbeweglich blieb.*

Aus dem angeführten Experiment könnte man schliefsen, dafs die Bogengänge die Bewegungen des Rumpfes leiten. Man kann dieser Erscheinung aber auch eine andere Deutung geben. Es läfst sich annehmen, dafs während des Durchschneidens der n. acustici die Reizbarkeit der die Rumpfbewegungen leitenden Elemente im Vergleich zu der Reizbarkeit der die Kopfbewegungen leitenden Elemente sich verringert. Führt man Einschnitte in die Knochen der Schädelbasis des Frosches aus, läfst aber die Hörnerven intakt, so werden die geschilderten Störungen ebenfalls beobachtet.

Aus den angeführten Thatsachen läfst sich also der Schlufs ziehen, dafs die nervi acustici, resp. *die Bogengänge, an dem Auftreten der durch die Centrifugalmaschine hervorgerufenen Rotationsbewegungen nicht teilnehmen.* Wenn wir nicht einen direkten Einflufs der Rotation auf die Ganglienzellen zugestehen wollen (diese Frage ist noch wenig erforscht), so müssen wir vermuten, dafs die Beschleunigung direkt die Muskeln und Gelenke reizt, indem sie dieselben in Spannung bringt und zu Gegendrehungen antreibt. Auf langsame Drehungen, d. h. auf einen geringen Reiz reagiert eben der motorische Apparat des Kopfes sehr leicht, indem er Bewegungen desselben auslöst.

Beobachtungen **Schraders** (1887).

1. Nach der Entfernung des vorderen Teils des Kopfmarkes (medulla oblongata) reagiert der Frosch auf der Drehscheibe genau so mit Kreisbewegungen wie bei erhaltener medulla oblongata. Auf den Rücken gelegt, kehrt er schnell und geschickt in die Bauchlage zurück.

2. Wird ein Schnittt hinter der Trigeminusgruppe ausgeführt, so hört jede Reaktion auf der Drehscheibe auf, obwohl die Lokomotion gegenüber vorerwähntem Tier nicht wesentlich mehr gestört ist. Die Rückenlage wird lange eingehalten; schliefslich geht sie doch in die Bauchlage über.

3. Zur Feststellung des Einflusses der Hautsensibilität auf die Erhaltung des Gleichgewichts wird ein entgrofshirnter Frosch in ein Gefäfs gesetzt, das

*) LUCHSINGER, PFLÜGERs Archiv Bd. 34.

5%ge Cocainlösung enthält. Trotz einer starken Herabsetzung der Hautsensibilität kann man die charakteristischen Bewegungen auf der Drehscheibe noch erhalten.

4. Nach Herausnahme der membranösen Bogengänge von der Mundhöhle aus reagiert das Tier auf Rotation nicht mehr; es bleibt durchaus ruhig hocken, weder Kopf noch Rumpf zeigen die geringste Bewegung.

5. Nach Durchschneidung der acustici an ihrem Eintritt in die Knochenkapsel wird ebenfalls *Ausbleiben* des Reflexes bei der Rotation beobachtet.

Aus den angeführten Versuchen ist ersichtlich, dafs mit der Störung der cerebralen Sensibilität und der peripheren Hautempfindung keine Störung in den Bewegungen sich einstellt. Weder diese Teile noch die Nerven der Muskeln und Gelenke spielen folglich bei der Erhaltung des Gleichgewichts eine Rolle. Das Fehlen kompensatorischer Bewegungen bei Rotation unmittelbar nach Zerstörung des Wurzelgebiets des trigeminus weist darauf hin, dafs wir es mit einem Kopfmarkreflex (Kopfmark = medulla oblongata) zu thun haben. Das Ausbleiben desselben nach Durchschneidung der Hörnerven bei Unversehrtsein des Wurzelgebietes des trigeminus führt auf den Gedanken, *dafs man den ursprünglichen Reiz in den Bogengängen lokalisieren mufs.* Demnach gelangen wir zu nachstehender Folgerung: Es handelt sich bei den Reaktionsbewegungen auf der Drehscheibe um einen Reflex, für den der Reiz in den halbkreisförmigen Kanälen entsteht, deren Centrum im Ursprungsgebiet des Acusticus liegt.

Beobachtungen **Schiffs** (1891).*)

Nach Durchschneidung des n. acust. *rechterseits* vor seinem Eintritt in die Gehörblase keine Bewegungsstörungen während der Ruhe. Nach Verheilung der Wunde werden Drehversuche mit den Tieren angestellt und hierbei folgende Erscheinungen beobachtet:

Während des Drehens nach links abnorme Körperhaltungen nach rechts. Nach der Rotation keine Spur einer Reaktion.

Bei Drehung nach rechts bleibt der Frosch ohne jede Bewegung; bei verlangsamter Drehung nach rechts oder nach Einstellung derselben dreht er sich mehrmals nach rechts.

Drehversuche an Vögeln.

a) Beobachtungen an Vögeln mit unverletzten Bogengängen.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

1. Drehen wir uns nach *rechts*, indem wir eine gesunde Taube mit vorwärts gerichtetem Kopfe in der Hand halten, so beobachten wir an dem Tiere Drehung des Kopfes nach *links* mit periodischer Rückkehr desselben in die Normalstellung, wobei die Bewegungen nach rechts schnell, nach links langsam ausgeführt werden. Mit der Beschleunigung der Drehung nimmt die Abweichung des Kopfes und die Häufigkeit der Pendelbewegungen zu; bei beschleunigter Rotation auf der Drehscheibe dreht sich der Kopf um 180°

*) Arch. d. scienc. phys. et natur. XXV. 1891.

und oscilliert sehr schnell mit kleiner Amplitude. Nach der Rotation auf der Scheibe zeigt die Taube ein Bild, welches an dasjenige nach Durchschneidung der Kanäle erinnert.

Bei Drehung des Vogels nach der anderen Seite oder mit gegen das Centrum (zum Beobachter) gerichtetem Schnabel zeigen sich Erscheinungen wie vorhin, aber nach der entgegengesetzten Seite. Ist der Kopf des Vogels nach unten gesenkt, so finden die Abweichungen in der Horizontalebene, mit Torsion um die Längsaxe, statt.

Wird der Kopf der Taube mit dem Schnabel nach oben gehalten, so dreht er sich um 90° um seine Längsaxe unter Ausführung von Pendelbewegungen um dieselbe. Ist der Kopf auf den Rücken übergeworfen, so dreht er sich um 180°.

Dreht man den Vogel, indem man ihn in der Seitenlage festhält, so finden die Abweichungen und Rückkehrbewegungen des Kopfes in der Horizontalebene und um die Queraxe statt. Dasselbe wird beim Kaninchen beobachtet.

2. Etwas völlig anderes ergibt sich, falls die Rotation nicht in der Horizontalebene stattfindet. Dreht man den horizontal hingelegten Vogel um 180° um die Längsaxe, so bleibt der Kopf fast in derselben Stellung. Durch eine Reihe nachfolgender kompensierender Drehungen des Halses hält er sich fast in der Normalstellung. Hier fehlen die Abweichungen, Rückkehrbewegungen und Oscillationen des Kopfes, wie sie bei horizontalen Rotationen beobachtet wurden.

Ein ähnliches Resultat ergiebt sich bei Drehung der Taube nach hinten oder nach vorn um die Queraxe in der Vertikalebene oder in der Horizontalebene, nachdem wir sie auf die Seite gelegt haben. In diesen beiden Fällen geht die Drehung in ein und derselben Axe des Kopfes vor sich; indessen zeigt sich die Reaktion anders: im ersten Falle ununterbrochenes kompensierendes Neigen des Kopfes nach vorn oder nach hinten, im zweiten leichtes Abweichen und Oscillieren in der Richtung nach der normalen Stellung. Diese durch die Rotation hervorgerufene Kopfbewegung kann man „kompensierend“ und ihre pendelartigen Oscillationen „Kopfnystagmus“ nennen, als Pendant zu den analogen Augenbewegungen.

3. Tauben sind wie Menschen gegen frontale Drehungen höchst empfindlich. Bringt man zwei Schlingen aus Zwirnfäden unter die Flügel, befestigt sie mit Streifen Heftpflaster an den Schwanz, dreht sie zusammen und dann rasch wieder auseinander, so dreht sich der Vogel mit grofser Geschwindigkeit. Bei plötzlichem Aufhören tritt beträchtliches Drehen des Kopfes mit raschen Pendelbewegungen von kleiner Amplitude auf. Alle Erscheinungen nehmen schnell ab und hören nach einigen Sekunden auf. Zu Boden gesetzt, fällt der Vogel anfänglich nach rechts oder nach links vorn um, kommt jedoch bald zur Ruhe.

Beobachtung **Machs** (1875).

Mach bestätigte zum Teil die Versuche Breuers, zum Teil ergänzte er sie durch einige Versuche. Eine Taube wurde unter eine Glasglocke auf die Drehscheibe gesetzt. Bei beginnender Drehung der Scheibe im Sinne des Uhrzeigers dreht sich die Taube mit dem ganzen Körper nach der entgegengesetzten Seite. Bei rascher ausgeführter Rotation hören die Bewegungen des Körpers auf und die Taube dreht den Kopf entgegen der Bewegung des Uhrzeigers. Auf diese Weise bemüht sie sich, die ihr mitgeteilte Be-

wegung zu kompensieren. Bei noch gröfserer Geschwindigkeit sehen wir die Taube sich nach der Rotationsaxe zu neigen und den äufsern Flügel entfalten. Augenscheinlich hat das Tier die Empfindung, als hätte die Glasglocke eine geneigte Stellung. In dieser Position verharrt das Tier, solange die schnelle Rotation dauert. Hält man nach zwei Minuten langer Rotation an, so führt die Taube krampfhafte Bewegungen nach der Seite der stattgehabten Rotation, d. h. *im Sinne* des Uhrzeigers, aus. Aus der Glasglocke herausgenommen zeigt die Taube *alle Erscheinungen, wie sie nach Durchschneidung der Bogengänge auftreten.* Gewöhnlich dreht sie sich im Augenblick des Anhaltens und überschlägt sich in verschiedenen Richtungen. Die Beine knicken ein, der Vogel kann nicht fliegen und fällt plump vom Tische herunter.

Beobachtung von **Anna Tomaszewicz** (1877).

Während langsamer Rotation bemerkt man Kopfnystagmus; nach der Drehung führen die Tauben Manègebewegungen aus; werden sie dagegen mit grofser Geschwindigkeit rotiert, so können sie nach dem Anhalten das Gleichgewicht nicht behaupten, fallen nach dem ersten Bewegungsversuch um und überkugeln sich nach allen Richtungen.

T. bespricht den Unterschied zwischen dem Verhalten der Tiere während des Drehschwindels und dem von solchen, die an den Bogengängen operiert worden sind.

Beobachtung **Ewalds** (1892).

Wird eine normale Taube in den hängenden Käfig gebracht und dann rotiert, so dreht sie den Kopf nach der der Rotationsrichtung entgegengesetzten Seite *(Reaktionsbewegung)* und führt mit ihm auf dieser Seite pendelnde horizontale Bewegungen aus (Kopfnystagmus). Den Winkel, den der Kopf infolge der Reaktionsbewegung mit der Medianlinie des normal gehaltenen Kopfes bildet, nennt E. *Reaktionsendwinkel.* Die sich an die Reaktionsbewegung anschliefsende und entgegengesetzt gerichtete Bewegung heifst die *Nystagmusphase.* Die Pendelbewegungen nennt man nach Breuers Vorgang *Kopfnystagmus.* Die *Reaktionsphase* und die *Nystagmusphase* geben somit die den Nystagmus zusammensetzenden Bestandteile ab.

Ewald schlägt drei Methoden zur Beobachtung des Drehungsschwindels vor.

1. Um die Bewegungen des Kopfes bei der Rotation zu registrieren, ist nur nötig, an den Oberschnabel der Taube einen Schreibhebel zu befestigen und ein Kymographion mit horizontal gelegter Trommel zugleich mit dem Tiere auf der Drehscheibe rotieren zu lassen. E. hat sich gewöhnlich auch selbst auf eine gröfsere Drehscheibe mit der Taube gesetzt und sie dann in der Hand gehalten. Sonst fesselt man die Taube, läfst aber den Kopf frei.

2. Die zweite Methode ist die ungenaueste aber bequemste. Man hält die Taube mit beiden Händen vor sich und dreht sich selbst im Kreise herum. Man wird hierbei in der Beobachtung leicht durch den eigenen Schwindel gestört.

3. Beobachtungsmethode unter dem Cyklostaten. Die Taube wird auf die Drehscheibe gestellt, und über sie wird ein Drahtcylinder gesetzt, dessen Decke aus einer Glasscheibe besteht. „Nun kann man leicht auf die Glasscheibe eine Gradteilung derartig excentrisch aufzeichnen, dafs sich der

Drehpunkt des Kopfes der Taube etwas unter dem Mittelpunkt dieser Teilung befindet." „Da bei dem Beobachten durch den Cyklostaten die Rotationsbewegung der Taube völlig aufgehoben wird und das Tier daher stets an demselben Ort erscheint, so lassen sich auf diese Weise die Kopfbewegungen und die Umkehrpunkte ausgezeichnet genau verfolgen." (Cyklostaten sind von E. Mach und M. Thury mit Hilfe eines Prismas konstruiert worden.)

1. Beobachtung einer normalen Taube unter dem Cyclostaten und unter der Glasteilung. Bei langsamer Rotation nach rechts oder links beträgt der Reaktionswinkel, solange die Rotation auch dauern mag, 130° und die Nystagmusphase 29°. Beim Anhalten wird auch der Kopf der Taube wieder völlig normal. Wird die Taube schneller gedreht, so wird der Nystagmus zwar auch schneller, aber niemals ist mit dem plötzlichen Anhalten auch ein ebenso plötzliches Verschwinden jeden Drehschwindels verbunden.

So verhalten sich die wenigsten Tauben. In der Regel kommt bei schneller und länger fortgesetzter Rotation der Nystagmus vollständig zum Verschwinden, und zwar dadurch, dafs Reaktionsendwinkel und Nystagmusphase allmählich immer kleiner werden, bis beide ganz verschwinden.

Bei plötzlichem Anhalten der Rotation entsteht nun der *Nachschwindel* (erst schnellere, dann langsamere Pendelbewegungen des Kopfes = Nachnystagmus, oder einfaches Drehen desselben nach der anderen Seite = Nachreaktion.

2. Zweite Beobachtuug. Wird gerade so angestellt wie Beobachtung 1. „Wird mit der Rotation plötzlich angehalten, während noch Nystagmus besteht, so kommt es niemals zum Nachschwindel: war aber der Kopf bereits zur Ruhe gekommen, so sehen wir nach dem Anhalten 6—8 Kopfbewegungen." —

Hieraus ergibt sich: *Der Nachschwindel wird durch den Nystagmus verhindert, ohne diesen tritt er unfehlbar ein.*

b) Drehversuche nach Verletzung des Labyrinths und des Gehirns.

Beobachtungen **Breuers** (1874, 1875).

1. Drehung der Taube um die Längsaxe nach *beiderseitiger* Extraktion des utriculus samt den membranösen Kanälen ist auch *nicht* von den geringsten *kompensierenden* Kopfbewegungen *begleitet.*

2. Bei Drehung der Taube nach *einseitiger* Entfernung des utriculus samt den membranösen Kanälen *sind die kompensierenden* Kopfbewegungen *nicht aufgehoben.*

Beobachtungen **Bornhardts** (1875).

Einer Taube werden die grofsen Hemisphären weggeschnitten.

„1. Oft zeigen sich nach Beseitigung der grofsen Hemisphären mehr oder minder deutliche oscillierende Bewegungen des Kopfes, vorsugsweise von rechts nach links, d. h. der Kopf bewegt sich langsam *nach rechts*, dann schnell nach hinten *links*; in anderen Fällen ist der Kopf von der Medianlinie weg nach rechts, seltener nach *links* verdreht und vollführt ruckweise Bewegungen.

„2. Die erwähnten Kopfbewegungen verschwinden nach einer halben oder ganzen Stunde vollständig; auch starke Reize (Stofsen, Kneifen) können ihnen zeitweise Einhalt thun.

„3. Beim Anhalten nach der Rotation nach rechts oder links treten dieselben Bewegungen auf, wie bei einer nicht operierten Taube, dauern jedoch weit längere Zeit als bei dieser.

„4. Biegt man einer solchen Taube den Kopf nach unten, so beugt sie ihn nicht auf einmal zurück, sondern macht genau dieselben Bewegungen, wie sie beim Anhalten nach der Rotation auftreten. Übrigens wurde dieses nur einige Male beobachtet.

„5. Dreht man ihren Kopf nach links und läfst ihn darauf los, so führt er genau dieselben Bewegungen aus, wie beim Stillhalten nach der Rotation, nämlich: anfangs Bewegungen nach derselben Seite, d. h. nach links, dann schliefsen sich die Augen, öffnen sich wieder und der Kopf vollführt Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite. Dieses wiederholt sich viele Male.

Der linke Horizontalkanal wurde eingeschnitten. Der Kopf drehte sich nach rechts.

„6. Beim Stillhalten nach einer Rotation nach *rechts* befindet sich der Kopf anfangs in der Mittellinie (genau gesagt, er führt in der Mittellinie äufserst schwache oscillierende Bewegungen aus) und vollführt dann heftige Bewegungen nach *rechts*. Bei der Rotation nach *links* erhält man ganz normale Erscheinungen.

Es wurde der rechte Horizontalkanal durchschnitten. Der Kopf drehte sich nach links.

„7. Beim Stillhalten nach der Rotation nach beiden Seiten treten dieselben Kopfbewegungen auf, wie sie auch an einem nicht operierten Tiere beobachtet werden.

„Beim Stillhalten nach passiver Rotation des Tieres in der Ebene des durchschnittenen Kanals ergaben sich normale Erscheinungen nur, sobald das Tier *nach der Seite dieses Kanals* rotierte. Wegschneiden der Hemisphären macht diese Bewegungen noch deutlicher.

Der linke membranöse Horizontalkanal wurde blofsgelegt und durchschnitten.

„1. Bei langsamer Rotation um die Vertikalaxe nach rechts und nach links ergeben sich dieselben normalen Erscheinungen, d. h. der Kopf bleibt etwas zurück, strebt dann ruckweise nach der Seite der Rotation und nimmt die normale Stellung ein; dann bleibt er wieder zurück u. s. w.

„2. Nach langer und schneller Rotation nach *rechts* bleibt der Kopf im Moment des Stillstandes nach *links* gedreht, so wie während der Rotation, und nähert sich erst nach längerer Zeit der Mittellinie, und zwar nicht auf einmal, sondern ruckweise nach rechts; darauf schliefsen sich die Augen und der Kopf vollführt schwache oscillatorische Bewegungen in der Mittellinie.

„3. Nach solcher Rotation nach *links* wird der Kopf im Moment des Stillstandes nach *links* abgelenkt und beschreibt einige ruckweise Bewegungen nach links und dann scharfe ruckweise Bewegungen nach *rechts*. Alles über die Rotation Gesagte wiederholte sich viele Male, und stets ergaben sich ein und dieselben Resultate.

Es wurden die Hemisphären exstirpiert.

„4. Bei der Rotation zeigten sich dieselben Kopfbewegungen, wie vor dem Ausschneiden der Hemisphären; diese Bewegungen traten jedoch nicht sofort beim Stillstehen nach der Rotation auf, sondern nach Verlauf von 10—20 Sekunden.

„5. Bei langsamer Rotation nach beiden Seiten ergaben sich dieselben kompensierenden Bewegungen wie bei einem normalen Tier.

„6. Pendelbewegungen wurden überhaupt nicht beobachtet, doch dauerten die ruckartigen Bewegungen des Kopfes nach links und die ihnen entgegen wirkenden Ablenkungen nach rechts fort.

„7. Ausschneiden des thalamus opticus vernichtete die letztere Art der Bewegung.

Es wurden beide membranösen Horizontalkanäle durchschnitten.

„1. Bei langsamer Rotation der Taube nach den beiden Seiten führt das Tier dieselben ruckartigen Bewegungen in der Richtung der Rotation aus, wie ein nicht operiertes. Dabei finden die Augenbewegungen nach derselben Seite statt und gehen der Kopfbewegung voraus.

„2. Nach schneller Rotation nach *rechts* finden die Kopfbewegungen beim Anhalten nach derselben, darauf nach der entgegengesetzten Seite statt; doch sind beide Bewegungen äufserst schwach. Bisweilen wird der Kopf deutlich nach der Seite der Rotation weggezogen, worauf die Taube ihn nach der entgegengesetzten Seite bewegt.

„3. Nach der Rotation nach *links* führt der Kopf zuerst Bewegungen nach derselben und dann nach der entgegengesetzten Seite aus. Diese letztere Bewegung dauert sehr lange fort.

Es wurden die Hemisphären entfernt.

„4. Nachdem die Hemisphären unter geringer Blutung entfernt sind, steht die Taube, auf den Boden gestellt, und vollführt mit dem Kopfe heftige, unaufhörliche Bewegungen in der Ebene der Horizontalkanäle.

„5. Wird der Schnabel gestützt, so *dauern* die Kopfbewegungen *fort:* sie finden dann nur um die Längsaxe des Kopfes statt.

„6. Diese Bewegungen werden schon nach einer Stunde beträchtlich schwächer und treten erst nach Reizung auf; dabei wird der Kopf wie früher nach *rechts* weggezogen.

„7. Bei starken Reizen, beim Aufheben und schnellen Niederlassen des Tieres finden zwei bis drei Kopfbewegungen nach *rechts* statt.

„8. Eine gröfsere Anzahl von Bewegungen tritt auf, wenn der Kopf der Taube auf die linke Seite gelegt wird; diese Steigerung der Bewegungen hat offenbar ihren Grund darin, dafs das Tier aufzustehen strebt.

„9. Bei Rotation nach rechts wie nach links resultieren dieselben kompensierenden Kopfbewegungen, wie bei einer nicht operierten Taube, mit dem Unterschied, dafs man die Taube nicht allzulange Zeit drehen mufs, um diese Erscheinungen hervorzurufen; sonst ermüdet das Tier und die erwähnten Bewegungen treten undeutlich hervor.“

Beobachtungen von **Anna Tomaszewicz** (1877).

T. konnte eine Ähnlichkeit zwischen den nach Durchschneidung der Kanäle resultierenden Bewegungen und denjenigen nach der Rotation nicht konstatieren.

Die nystagmischen Bewegungen des Kopfes, die während der Rotation an Vögeln (augenscheinlich an allen langhalsigen Tieren) auftreten, werden rhythmisch, abwechselnd bald nach der einen, bald nach der anderen Seite, ausgeführt: die eine schnell, ruckweise im Sinne der Rotation, die andere langsam in der entgegengesetzten Richtung. Die nach Verletzung der Bogengänge sich einstellenden Pendelbewegungen dagegen *besitzen keinen bestimmten Rhythmus:* sie zeigen sich uns unter dem Bilde verschiedener Übergangsformen, von einem leichten Zittern des Kopfes (wie bei Greisen

in der paralysis agitans) bis zu den heftigsten Schwingungen in der Ebene des verletzten Kanals; bisweilen tritt auch nur kurzes, aber heftiges Schütteln des Kopfes auf, als wenn sich die Tiere von irgend einer unangenehmen Empfindung zu befreien suchten. Die beiden geschilderten Bewegungsarten (die nystagmischen und die Pendelbewegungen des Kopfes) können nicht durch ein gleiches ursächliches Moment bedingt sein, wie aus folgendem hervorgeht.

1. Beide Bewegungsarten sind einander wenig ähnlich.

2. Wenn die Tiere die Empfindung einer Drehung hätten, so wäre es sonderbar, dafs sie überhaupt Pendelbewegungen ausführen. Wir wissen, dafs es einem vom Drehschwindel ergriffenen Menschen während des Schwindels nur mit Mühe, und dies bei Gefahr des Umfallens, gelingt, die Stellung des Kopfes zu ändern; er hält sich krampfhaft an den Gegenständen fest und bemüht sich auf jede mögliche Weise, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Nichts Derartiges nehmen wir an den Tieren wahr, die nach der Durchschneidung, fest auf den Beinen stehend, mit dem Kopfe oscillierende Bewegungen nach beiden Seiten ausführen.

3. Es ist unbegreiflich, weshalb das Tier auf die nämlichen Empfindungen in einem Falle durch eine Bewegung des Kopfes, im andern durch eine solche des Körpers reagieren sollte. T. beobachtete oft lebhaftes Pendeln des Kopfes bei ruhiger Körperhaltung und umgekehrt am gleichen Tiere Manègebewegungen bei ruhiger Kopfhaltung (wie Böttcher).

4. Die genauen Beobachtungen weisen auf die Unabhängigkeit der Pendelbewegungen von den übrigen Gleichgewichtsstörungen des Körpers hin. Zuweilen bilden die ersten die einzige Erscheinung nach einer Bogengangsoperation; anderseits, namentlich bei einseitiger Durchschneidung, treten Bewegungsstörungen des Körpers ohne Pendelbewegung auf. Nach groben Manipulationen treten natürlich Symptome seitens des Nervensystems auf.

Beobachtungen **Ewalds** (1892).

Eine entgrofshirnte Taube zeigt bei der Rotation dieselben Erscheinungen, wie vor der Operation im normalen Zustande, nur mit einer geringen Herabsetzung.

E. ist der Meinung, dafs sich zu den eigentlichen Reflexbewegungen bei der normalen Taube noch sogenannte willkürliche, d. h. vom Grofshirn ausgehende Impulse hinzugesellen, wodurch jene verstärkt werden.

„Auch bei der Taube verschwinden wie beim Frosch die charakteristischen Bewegungen des Drehschwindels, wenn beiderseits das Labyrinth fehlt und keine Verschiebung der Netzhautbilder stattfindet.“

Drehversuche an Säugetieren.

Beobachtung **Hitzigs** (1871).

Bei der Drehung eines Kaninchens an zwei um den Leib oder die Fufsgelenke gelegten Fadenschlingen ergaben sich Gleichgewichtsstörungen. Da bei diesem Versuche der Kopf des Tieres nicht fixiert ist, so ändert er oft seine Stellung. Bei hinlänglich schneller Rotation um die Längsaxe mit dem Kopfe nach unten tritt starker Nystagmus und Drehung des Kopfes

nach der Seite der Rotation auf. Nach horizontaler Rotation ist der Körper des Kaninchens seitwärts gebogen, und das Tier beschreibt beim Springen gröfsere oder kleinere Kreise. Nach Rotation um die Längsaxe setzt das Tier die Bewegungen um dieselbe fort.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Bei Hunden mit ziemlich parallel stehenden Augenaxen werden bereits bei mäfsiger Drehung die Bewegungen des Kopfes durch solche der Augen ersetzt, wie beim Menschen.

Beobachtungen **Machs** (1875).

An einem jungen Kaninchen wurden dieselben Erscheinungen beobachtet. Der vorige Versuch kann nicht als „rein" angesehen werden, weil der Kopf des Tieres nicht fixiert war. Um dies zu erreichen, konstruierte MACH einen sargförmigen Kasten und schrob ihn bald mit der einen, bald mit der anderen Seite auf die Drehscheibe auf, wodurch Rotation des Tieres in verschiedenen Ebenen erzielt wurde. Der Kopf wurde aufserdem noch mit Watte umgeben. Nähere Resultate sind nicht angegeben.

Beobachtungen **Bornhardts** (1875).

Drehversuche am Kaninchen nach Durchschneidung des rechten Horizontalkanals.

1. Nach Aufhören der Rotation nach *links* treten keine Kopfbewegungen auf.
2. Nach Aufhören der Rotation nach *rechts* treten dieselben Bewegungen auf, wie bei einem nicht operierten Tier.

Einen Tag später:

3. Nach Aufhören der Rotation nach *links* treten normale Erscheinungen auf, doch sind sie schwächer als gewöhnlich.

Drehversuche am Kaninchen, bei dem beide Horizontalkanäle durchschnitten sind.

1. Die Erscheinungen nach der Durchschneidung sind oben geschildert.
2. Bei passiver Rotation des Tieres (nach welcher Seite? Ref.) tritt konstant folgende Eigentümlichkeit auf: Der Kopf neigt sich nicht nach der der Rotation des Tieres entgegengesetzten Seite, sondern befindet sich beständig, um seine Längsaxe mit dem Scheitel nach *rechts* gedreht, in der Mittellinie. Bei starken Rotationsbewegungen fährt der Kopf nach oben; dies wiederholt sich bei allen ähnlichen Versuchen.

Manègebewegungen finden vorzugsweise nach einer Seite, nämlich der rechten, statt.

Am folgenden Tage.

3. Beim Aufhören der Rotation des Tieres in der Horizontalebene treten normale, aber äufserst schwache Kopfbewegungen auf.
4. Bei passiven Drehungen des Kopfes bleiben die Augen zurück, wie dies auch bei *nicht* operierten Tieren der Fall ist.

Nach Durchschneidung zweier Frontalkanäle.

Bei passiver Rotation eines solchen Tieres in der Horizontalebene um die Vertikalaxe treten normale Erscheinungen auf.

Beobachtungen **Cyons** (1878).

Drehversuche nach Durchschneidung des nervus acusticus.

Bei der Rotation von Kaninchen mit durchschnittenen Hörnerven (die Operation s. Abschnitt üb. d. Experimentalmeth.) auf der Drehscheibe traten dieselben Schwindelerscheinungen auf, die schon MACH an normalen Kaninchen beobachtet hatte. Demnach hängen die PURKINJEschen Erscheinungen ganz und gar nicht von den Bogengängen ab; man mufs also seiner Ansicht beipflichten, derzufolge alle Erscheinungen durch Störungen *im Gehirn selbst* erklärt werden. Vielleicht haben sie in der gestörten Blutcirkulation ihren Grund.

Daher sind die Behauptungen BREUERS, der an Tauben mit exstirpiertem Vorhof keinen Schwindel beobachtete, nicht zutreffend. Ja, es treten aufserdem bei Durchschneidung aller 6 Kanäle solche ungeordnete Bewegungsstörungen auf, dafs es ganz unmöglich ist, Beobachtungen über den Schwindel anzustellen (s. S. 251). Deshalb ist die Durchschneidung des acusticus das einzig sichere Mittel zur Entscheidung dieser Frage.

Beobachtungen von **Tomaszewicz** (1877).

Bei passiver Rotation gesunder Kaninchen beobachtet man Augennystagmus ohne Kopfnystagmus. Nach dem Anhalten vollführen die Tiere kräftige Bewegungen (Zeiger- und Wälzbewegungen) um die Längsaxe des Körpers im Sinne der Rotation. Drehbewegungen des Körpers (Rollbewegung), wie sie MACH beobachtet hat, konnte T. nicht konstatieren. Ein Zusammenhang zwischen der Rotationsaxe und den nachfolgenden Erscheinungen ist nicht herzustellen. An Kaninchen wurde nach Durchschneidung des n. acusticus eine normale Reaktion beobachtet.

Beobachtungen von **Högyes** (1881).

An einem Kaninchen, bei dem der Vorhof durch die fossa mastoidea exstirpiert und die Überreste mittels acid. nitr. dil. zerstört waren, konnten auf der Drehscheibe *keine* charakteristischen Bewegungsstörungen hervorgerufen werden.

Beobachtungen von **Högyes** (1881).[217])

Um festzustellen, inwieweit die Augenbewegungen von der Drehungsebene abhängen, befestigte man ein Kaninchen mit fixiertem Kopfe an ein

---

[217]) A. HÖGYES. Der Nervenmechanismus der associierten Augenbewegungen. I. Teil. Die Erscheinungen der die Bewegungen des Kopfes und des Körpers be-

Brett, das hierauf gedreht wurde. Behufs Beobachtung über die Änderung der Augenstellung wurde eine Nadel in die Sclera jedes Auges in der Richtung der Fasern des oberen m. rectus eingeführt, darauf nach unten bis sum Centrum der Pupille umgebogen; hier bekam sie eine zweite Biegung nach vorn. An ihrem Ende befand sich ein Kreuzchen aus Aluminium, dessen einer Streifen der Vertikal-, der andere der Horizontalaxe entsprach.

Jede Bewegung des Auges rief eine Verschiebung dieses Axensystems hervor. Vermittelst dieser Vorrichtung konnte nachgewiesen werden, dafs jede passive Drehung des Rumpfes und des Kopfes eigentümliche doppelseitige Verschiebung der Augen hervorrief.

I. Drehung des Kaninchens in der Horizontalebene.

1. Bei der Drehung des Kaninchens *nach rechts* bleiben beide Augen einige Zeit nach *links* zurück und rücken dann plötzlich nach rechts (Deviatio horizontalis bilateralis dextrum vergens).

Das Umgekehrte wird bei der Drehung nach links beobachtet (Deviatio horizontalis bilateralis sinistrum vergens).

2. Bei voller Umdrehung ergibt sich *eine ganze Reihe* von Augenbewegungen; bei der Drehung nach rechts wird Nystagmus horizontalis bilateralis dextrum vergens, bei Drehung nach links sinistrum vergens beobachtet.

3. Nach plötzlichem Anhalten treten unmittelbar nach der Drehung konsekutive Schwingungen nach der entgegengesetzten Seite auf.

II. Drehung in der Sagittal- oder Medianebene.

1. Bei beginnender Drehung nach *vorn* bleiben beide Augen zurück und rücken *seitwärts*; bei weiterer Drehung erfahren sie eine Ablenkung *seitwärts* und nach *oben* (Deviatio divergens bilateralis).

2. Bei der Drehung nach *hinten* rücken die Augen nach der Mittelebene des Kopfes (medial) und bleiben *einwärts* und nach *unten* gerichtet (Deviatio convergens bilateralis).

3. Bei einer vollen Umdrehung erreichen die Augen im ersten Viertel derselben die gröfste Ablenkung; im zweiten Viertel behalten sie die angenommene Stellung, um dann plötzlich nach einigen ruckartigen Bewegungen ihre normale Stellung wieder einzunehmen; im dritten Viertel bewegen sich die Augen nach der entgegengesetzten Richtung, erreichen das Maximum der Ablenkung und behalten während des ganzen letzten Viertels diese Stellung, um dann von neuem nach einigen ruckartigen Bewegungen in ihre normale Stellung zu gelangen.

4. Nach häufiger Drehung nach *vorn* wird Nystagmus convergens, nach öfterer Drehung nach *hinten* Nystagmus divergens beobachtet. Plötzliches Anhalten führt zu einem kurzen Nystagmus rotatorius.

---

gleitenden associierten Augenbewegungen bei Säugetieren und beim Menschen. (Ungarisch.)

II. Teil. Der Einflufs einzelner Teile des Nervensystems auf die unwillkürlich associierten Augenbewegungen. (Ungarisch.)

Mitteilungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der ungarischen Akademie der Wissenschaften. Budapest. 1881. Bd. X Nr. 18, p. 1—62. Bd. XI Nr. 1, p. 1—100. Ref. v. Klug. Biologisches Centralblatt. 1881, 15. Juli, p. 216—220.

III. Drehung in der Frontalebene.

1. Bei unvollständiger Umdrehung nach *rechts* rückt das linke Auge *einwärts* und nach *unten*, während das rechte Auge eine Ablenkung nach *innen aufwärts* und *lateral* (Deviatio diagonalis bilateralis sinistra) erfährt.

Bei Drehung nach links werden die umgekehrten Augenbewegungen beobachtet — Deviatio diagonalis bilateralis dextra.

2. Bei einer vollen Umdrehung werden ähnliche wie bei Drehung in der Sagittalebene, nämlich ruckartige Bewegungen beobachtet. (S. Seite 400; II, 3.)

3. Plötzliches Unterbrechen der Drehung nach *rechts* führt zu Nystagmus diagonalis bilateralis dextrum vergens, plötzliche Unterbrechung der Drehung nach *links* zu Nystagmus diagonalis bilateralis sinistrum vergens.

Dieselben Erscheinungen traten auch bei der Drehung von Hunden, Katzen, Meerschweinchen, Mäusen und Fledermäusen auf. Bei Meerschweinchen werden wie bei Vögeln die associierten Augenbewegungen durch kompensierende Kopfbewegungen ersetzt. Bei Fröschen fehlte die doppelseitige Augenbewegung ganz.

Beobachtungen von **Korányi** (1887).*)

Während der Drehung in einer Ebene, die einer der Hauptebenen parallel ist, kompensiert das Kaninchen die passiven Bewegungen durch aktive Bewegungen seiner Extremitäten. Bei fixiertem Rumpfe werden die kompensierenden Bewegungen vom Kopfe und bei Fixierung dieses von den Augen ausgeführt.

Korányi stellte die Muskeln, die während der Drehung in den verschiedenen Ebenen hauptsächlich beteiligt sind, in einer besonderen Anordnung zusammen. Er meint, dafs die kompensierenden Bewegungen Reflexe sind, die durch Reizung der *halbkreisförmigen* Kanäle hervorgerufen werden.

Drehversuch von **Goltz** (1892)**) an einem entgrofshirnten Hund.

Durch drei im Verlaufe von circa fünf Monaten ausgeführte Operationen werden einem Hunde beide Grofshirnhemisphären entfernt.

Die mit ihm angestellten Drehversuche ergaben folgendes:

„Der Hund hatte die Neigung, Reitbahnbewegungen nach rechts herum zu machen. Er machte also, wenn man die Scheibe wie das Zifferblatt einer Uhr von oben her betrachtet, Bewegungen in der Richtung wie sich der Zeiger der Uhr bewegt. Wurde nun die Scheibe in umgekehrter Richtung gedreht, so wurden seine Gangbewegungen aufserordentlich beschleunigt. Sie wurden dagegen gehemmt oder sogar in eine Drehung nach links herum umgewandelt, so wie die Scheibe nach rechts herum gedreht wurde. Kurz, unser grofshirnloser Hund verhielt sich gegenüber drehenden Bewegungen des Bodens, auf dem er stand, ganz ähnlich wie ein grofshirnloser Frosch.“

---

*) Alex. Korányi. Zur Theorie der Koordination und Ataxie des Stehens und Gehens. Orvosi hetilap. 1887. Nr. 41, 42. (Ungarisch.) Ref. Schwalbes Jahresb.

**) Goltz. Der Hund ohne Grofshirn: Pflügers Archiv Bd. 51. 1892, p. 570 bis 614.

Folgerungen

aus den Beobachtungen über die Drehung.

Folgerung **Breuers** (1875).

Wirbeltiere aller Klassen kompensieren eine reelle Drehung ihres Kopfes durch Bewegungen der Augen oder des Kopfes. Diese kompensatorischen Bewegungen werden nicht durch die Gesichtswahrnehmungen bedingt, d. h. sie werden nicht blofs von der Retina ausgelöst, denn die Bewegungen der bulbi und des Kopfes erfolgen bei Vögeln und Kaninchen bei offenen wie bei geschlossenen Augen. (Die Gesichtswahrnehmungen schlofs Br. bei den Tauben dadurch aus, dafs er ihnen ein Häubchen über den Kopf zog.) Beim Anhalten nach einer Drehung rückt der Kopf nach der Seite der Drehung unter rückwärts gerichteteten Oscillationen bis zur normalen Stellung. Eine solche kompensierende Bewegung gestattet anzunehmen, dafs die Tauben im Augenblick des Stillhaltens ebenso, wie der Mensch, eine scheinbare Drehung nach der der Drehung entgegengesetzten Seite empfinden.

Aus den angeführten Beobachtungen geht hervor, dafs die Erscheinungen des FLOURENSschen Versuches sich vollständig durch den Drehschwindel erklären lassen, auf den die Verdrehung und der Nystagmus des Kopfes bei Vögeln hinweist.*)

Folgerung **Bornhadts** (1875).

1. Bei langsamer passiver Drehung des Tieres in der Ebene des durchschnittenen Kanals vollführt die Taube oder das Kaninchen kompensierende Kopfbewegungen wie normale Tiere, d. h. der Kopf bleibt bald zurück, bald bewegt er sich ruckweise in der Richtung der Rotation.

Nach einer schnellen passiven Rotation in denselben Ebenen bemerkt man die Eigentümlichkeit, dafs nur bei Bewegung des Tieres nach der Seite des durchschnittenen Kanals normale Erscheinungen auftreten, d. h. nach Anhalten der Rotation wird der Kopf nach der Seite der Drehung weggezogen und vollführt dann ruckweise Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite.

2. Nach Entfernung der grofsen Gehirnhemisphären ändert sich der Charakter der Kopfbewegungen bei (an den Bogengängen) operierten Tauben nicht; bei Unterbrechung einer passiven Drehung stellen sich dieselben Bewegungen ein, wie bei Tieren, die in der nämlichen Weise operiert, aber nicht der Hemisphären beraubt sind.

BORNHARDT kam, die vorstehenden Folgerungen verallgemeinernd, zu folgendem Schlusse: „Bei der Unterbrechung einer passiven Drehung des

*) BREUER 1875: „Da nun in Bezug auf die kompensierenden Bewegungen die Kaninchen sich völlig so verhalten, wie die Tauben; da ferner FLOURENS auch bei jungen Kaninchen die Sektion der Bogengänge mit demselben Erfolge wie an Vögeln vorgenommen hat, so dürfen wir wohl die klaren Versuche an Kaninchen zu den unklareren an Vögeln zuzählen. Ich darf also die Behauptung meiner ersten Mitteilung (1874): „Die Erscheinungen des FLOURENSschen Versuches lassen sich vollständig durch den Drehschwindel herstellen und die Verdrehung und der Nystagmus des Kopfes ist nichts als die Form, unter welcher der gewöhnliche Schwindel bei Vögeln erscheint", für erwiesen halten.

Tieres in der Ebene des durchschnittenen Kanals treten normale Erscheinungen nur in dem Falle auf, wenn das Tier nach der Seite des Kanals rotiert war.“

Folgerung von **A. Tomaszewicz** (1877).

Drehversuche mit operierten Tieren (Tauben, Hühnern, Enten und Fröschen mit durchschnittenen Bogengängen, Katzen, Kaninchen, Fröschen und Fischen mit exstirpiertem Vorhof, Kaninchen mit durchschnittenen Gehörnerven) führten zu folgenden Resultaten:

1. Diejenigen Tiere, bei denen sonst die Bewegungsstörung schwach hervortrat oder ganz fehlte, reagierten bei der Rotation wie normale.

2. Tiere mit sekundärer Kleinhirnerkrankung äufserten im Beginn der Drehung und nach dem Anhalten Zwangsbewegungen wie nach jedem andern Reiz.

3. Fische, ebenso wie die Tiere, bei welchen sich infolge der Operation Symptome von Hirndruck eingestellt hatten, reagierten nicht.

4. Die Zwangsbewegungen nach einer Drehung traten beim Kaninchen am heftigsten, bei der Taube am schwächsten auf. Fische und junge Hunde reagierten gar nicht.

5. Alle oben erwähnten operierten Tiere *reagierten* auf den galvanischen Strom *gesetzmäfsig*, gleichgültig, auf welche Weise sie operiert waren und welchen Grad von Bewegungsstörungen ihr Zustand bot. Beim Kettenschlufs wurden Bewegungen nach der Anode, bei der Öffnung nach der Kathode ausgelöst.

Pathologische Veränderungen und Erscheinungen, aus denen man eine Folgerung betreffs der Funktion des Vorhofs und der Bogengänge ziehen kann.

Auf Grund pathologisch-klinischer Fälle hat man einen Zusammenhang zwischen den Erscheinungen der Bewegungsstörung und den Erkrankungen des Labyrinths mit einiger Sicherheit nachweisen können. Die Abhängigkeit aber der einzelnen Symptome von Affektionen der einzelnen Teile des Vorhofs hat man bis jetzt nicht feststellen können.

Ménière[218]) war es, der im Jahre 1861 zum erstenmal auf einen

[218]) Paul Ménière. Gazette Médicale de Paris. 1861. p. 29, 55, 88, 239, 379, 597.

Hughlings Jackson. Bemerkungen über die Ménièresche Krankheit. Med. Times and Gazette. 7, 8. 1875. Ref. Arch. f. Ohr. Bd. XV, p. 187.

„Nach Jackson haben die halbzirkelförmigen Kanäle die Aufgabe, bestimmte locomotorische Bewegungen *untereinander* in Einklang zu bringen, während hingegen die Augen dazu dienen, die Bewegungen des Körpers als ganzen den aufsen befindlichen Dingen gegenüber zu regeln.“

David Ferrier. Vom Labyrinth ausgehender Schwindel — Ménièresche Krankheit. West Riding Reports. 1876. Arch. f. Ohr. Bd. XV, p. 191.

„Der Schwindel wird hauptsächlich durch die Incongruenz zwischen den Eindrücken seitens des Labyrinths und des Gesichtssinns verursacht.“

eigentümlichen Symptomenkomplex, als dessen nachweisliche Ursache eine Erkrankung (hämorrhagische Entzündung) des Labyrinths sich herausstellte, hinwies und denselben beschrieb. Dieser heutzutage allgemein unter dem Namen einer MÉNIÈREschen Krankheit bezeichnete Symptomenkomplex tritt unter dem Bilde einer apoplektiformen Gehirncongestion mit plötzlichem Schwindel, Erbrechen, heftigem Ohrensausen und Ohnmachtszuständen auf, später eine gewisse Behinderung der Bewegung, eine länger dauernde Unsicherheit im Stehen und Gehen, sowie in der Regel eine sehr merkbare Schwerhörigkeit zurücklassend. Vor MÉNIÈRE leistete man alle derartigen Symptome stets von irgend einer Gehirnaffektion ab.

Später veröffentlichte man viele analoge Fälle, in denen Erscheinungen zur Beobachtung kamen, welche an die FLOURENSschen erinnerten: aber sie alle brachten wenig Klarheit über die Funktion der einzelnen Teile des Labyrinths, da nicht immer eine bestimmte Lokalisation der Erkrankung festgestellt werden konnte.

JAMES [219]) stellte Beobachtungen an Taubstummen an, welche zwar von grofser Bedeutung sind, jedoch zu keiner definitiven Entscheidung geführt haben. Um festzustellen, inwieweit die Fähigkeit des Orientierens von den Bogengängen abhinge, veröffentlichte JAMES eine Reihe von Beobachtungen an Taubstummen, bei denen bekanntlich in der Mehrzahl der Fälle die Bogengänge fehlen oder zerstört sein sollen. Von 519 Taubstummen (gröfstenteils Kindern), welche Rotationsversuchen unterworfen wurden, empfanden 186 keinen Drehschwindel, 134 litten an leichtem Schwindel, 199 waren gewöhnlichem oder selbst verstärktem Schwindel ausgesetzt. Von 200 Personen (Studenten und Lehrern) wurde nur eine von Drehschwindel befallen.

Unter 23 Taubstummen trat nur bei 5 galvanischer Schwindel auf, und unter 20, die dem Schwindel ausgesetzt waren, wurde er bei 14 beobachtet.

16 Taubstumme, die keinen Schwindel empfanden, blieben auch während eines Sturmes von Seekrankheit verschont.

Die meisten der bei Rotation schwindelfreien Taubstummen (15 von 25) verhielten sich im Wasser auf eine eigentümliche Weise. Unter Wasser getaucht, waren sie von einer unbeschreiblichen Angst und Verwirrung ergriffen. Wo oben war und wo der Grund, konnten sie nicht unterscheiden. Die 10 übrigen Taubstummen sagten, dafs sie gut tauchen können.

Die angeführten Beobachtungen würden in der That von aufserordentlichem wissenschaftlichen Werte sein, folgten ihnen Sektionsbefunde nebst mikroskopischer Untersuchung des Gehörorgans. Denn bei Taubstummen findet man im Ohr die verschiedenartigsten pathologisch-anatomischen Veränderungen vor. MYGIND [220]) kommt auf Grund einer ausführlichen Prüfung aller bisher makro- und mikroskopisch untersuchten Fälle von Taubstummheit zu nachstehender Folgerung:

---

[219]) W. JAMES. The sense of dizzinessin deaf-mutes. Americ Journ. of otology. IV. 16 Stn. 1882. Ref. SCHWALBEs Jahresberichte. p. 222.

[220]) HOLGER MYGIND (Kopenhagen). Die angeborene Taubheit. Beitrag zur Ätiologie und Pathogenese der Taubstummheit. Berlin. 1890. p. 1—119. Eine umfangreiche Arbeit, die viele neue Gesichtspunkte aufweist.

1. Beträchtliche Veränderungen des Trommelfells mit in den meisten Fällen gleichzeitigen ausgedehnten pathologischen Veränderungen im innern Ohre werden häufig vorgefunden.

2. Am häufigsten erkranken die Bogengänge, dann der Vorhof und am seltensten die Schnecke.

3. Dagegen kommen an der Schnecke am häufigsten Entwickelungshemmungen vor, seltener an den übrigen Teilen des Labyrinths; Entwickelungshemmungen sind aber immerhin eine Seltenheit.

4. Der n. acusticus fehlte in einigen Fällen ganz, in anderen wurden Spuren von Atrophie oder Degeneration bemerkt, und endlich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle waren keine Veränderungen wahrzunehmen.

5. Manchmal kamen bei Taubstummen Anomalien im Gehirn zur Beobachtung.

Hedinger, Mygind und andere beobachteten, dafs Taubstumme oft einen schwankenden, unsicheren Gang zeigen. Hinsichtlich des Einflusses der Taubheit auf das Allgemeinbefinden des Organismus und auf die Funktionen der einzelnen Organe ist uns fast nichts bekannt.

Dieses ist zur Zeit alles, was die Pathologie des inneren Ohres zur Klarstellung der Funktion des Vorhofapparats und der Bogengänge ergeben hat.*)

Herausgeber erlaubt sich, hierzu zu bemerken, dafs auch vereinzelte Fälle von Zwangsbewegungen bei Caries des Felsenbeins, welche sich auf die knöchernen Bogengänge ausdehnte, beobachtet worden sind. Er selbst hatte Gelegenheit, Werfen des Kopfes in der Horizontalebene bei einem Kinde, welches an tuberkulöser, weit in die Tiefe verbreiteter Caries des Felsenbeins litt und welches operiert (aufgemeisselt) worden war, zu beobachten. Die Sektion ergab eine Nekrose der äufseren Wand des r. Horizontalkanals. Der Fall ist von Gottwald**) in seiner Dissertation beschrieben worden.

Von Tédénat***) wird ein ähnlicher Fall mitgeteilt.

---

*) Munk. Ein Fall von einseitigem Fehlen aller Bogengänge bei einer Taube. Archiv für Physiol. 1878. Ref. Archiv f. Ohrenh. Bd. XIV, p. 277.

Zufällig fiel Munk eine Taube mit anormaler Stellung des Kopfes in die Hände, der um 90° um die Sagittalaxe nach rechts und um 45° um die Vertikalaxe nach links verdreht war; das rechte Auge sah gerade nach unten, das linke nach oben; der Schnabel war nach links vorn, das Occiput nach rechts hinten gerichtet. Jeder Versuch, den Kopf in die Normalstellung zu bringen, war von kräftigen Muskelaktionen des ganzen Körpers begleitet. Das Tier konnte gut stehen und gehen, wenn auch ziemlich langsam unter Manègebewegungen nach links. Beim Antreiben stolperte es. Fliegen konnte die Taube gar nicht. Durch die Sektion wurde völliges Fehlen der rechtsseitigen Bogengänge konstatiert. Links waren sie normal entwickelt. Die Paukenhöhlen, die Schnecken, das cerebellum und die processus mesootici waren normal.

**) Georg Gottwald. Beitrag zur Lehre von den Funktionen der Bogengänge. Inaug. Diss. Erlangen 1893.

***) Tédénat. Lyon. médical. Nr. 26.

Analyse der bei labyrinthärer Gleichgewichtsstörung beobachteten Erscheinungen.

„Autant les faits sont évidents, autant leur interprétation approfondie est délicate."
DELAGE.

Durch die oben angeführten Versuche ist die Thatsache eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen dem Centralnervensystem und dem Ohrlabyrinth einerseits und einer ganzen Reihe von Bewegungsstörungen anderseits auf das bestimmteste nachgewiesen.

Ungeachtet dessen wollen einige Forscher (s. Seite 299 flg.) die besprochenen Gleichgewichts- und Bewegungsstörungen mit einer gestörten Funktion des Labyrinths nicht in Zusammenhang gebracht wissen.

Nach ihnen ist das Centrum für die Koordination der Bewegungen einzig und allein im Gehirn lokalisiert und die nach einer Verletzung der Bogengänge beobachteten Gleichgewichts- und Bewegungsstörungen wären nur durch eine Läsion des Gehirns, welches bei Manipulationen an den Bogengängen stets auf direkte oder indirekte Weise mitverletzt würde, bedingt.

Diese Ansicht ist von BÖTTCHER (1874) zuerst ausgesprochen worden; derselbe erklärt die Entstehung der Koordinationsstörungen auf folgende Weise:

Das membranöse Labyrinth mit den Vorhofssäckchen ist von der Perilymphe umgeben und in derselben suspendiert, also sehr leicht beweglich. Nur an den Eintrittsstellen der 5 Nervenzweige sind die Ampullen und Säckchen an der Wand ein wenig mehr fixiert. Die membranösen Gebilde sind auf diese Weise an den 5 Nervenzweigen wie an ebenso vielen Stielen aufgehängt. Daher mufs sich die geringste Zerrung an den Ampullen und den Säckchen sofort auf den nervus acusticus fortpflanzen, wobei die Nerven der benachbarten Ampulle zuerst und am meisten leiden werden; bei stärkeren Eingriffen aber können ohne allen Zweifel auch sämtliche Vorhofszweige betroffen werden. Nimmt man noch dazu, dafs der acusticus in seinem ganzen Verlauf bis zur Ursprungsstelle nirgends befestigt und in dem ihn umgebenden lymphatischen Raume ganz frei beweglich ist, so ist ersichtlich, dafs diese Zerrung des membranösen Vorhofs sich ohne weiteres bis ins Hirn fortsetzen mufs, und dafs dann, je nach dem Zweig des n. vestibuli, welcher auf diese Weise besonders insultiert worden war, sich in der Umgebung bald dieser, bald jener Wurzelfasern ganz begrenzte Veränderungen der Centralteile einstellen werden.

Selbst bei den vorsichtigsten Manipulationen ist dieses Ferntrauma nicht zu vermeiden, das auf reflektorischem Wege Muskelaktion der einen Seite (bei einseitiger Operation) nebst Manègebewegungen hervorruft.

Die Ansicht BÖTTCHERS und seiner Anhänger hat ihrer Zeit gute Früchte getragen, da sie dieExperimentierenden veranlafste, das grobe, unwissenschaftliche Verfahren aufzugeben und jeden Umstand zur Zeit des Versuchs abzuwägen. Als jedoch Methoden isolierter Reizung der Bogen-

gänge ohne vorhergehende Freilegung derselben und ohne jede Beschädigung des Gehirns gefunden wurden (S. 214),*) war die Unhaltbarkeit dieser Ansicht erwiesen.

Als auf diese Weise konstatiert worden war, dafs im Ohre ein *besonderer Apparat* vorhanden sei, welcher die Bewegungen des Tieres reguliere, mufste noch *derjenige Teil des Labyrinths* bestimmt werden, dessen Verletzung die beschriebenen Erscheinungen verursacht.

Flourens erkannte im n. acusticus die Existenz zweier in funktioneller Beziehung ganz selbständiger Bündel, von denen das eine, die Gehörwahrnehmungen leitende, in der Schnecke, das andere, zur Koordination der Bewegungen in gewisser Beziehung stehende, im Vorhof endige.**)

Brown-Séquard (1860), welcher der Ansicht Flourens' beipflichtete, vermutete, dafs die Bewegungsanomalien nicht sowohl durch die Zerstörung der membranösen Bogengänge selbst, in denen Nerven nicht nachgewiesen sind, sondern vielmehr durch eine Zerrung und Spannung der Ampullen und durch die Reizung ihres Nervenendapparates hervorgerufen werden. Er rechnet den Vorhofsnerven zu den Sinnesnerven.

Böttcher und Bloch bestätigten durch ihre Versuche die Ansicht Brown-Séquards, indem sie zeigten, dafs die Bewegungsstörungen um so stärker sind, je näher der Ampulle der Bogengang verletzt wird. Den angeführten Versuchen gegenüber mufs man sich vorsichtig verhalten, da die Versuche ohne nachfolgende mikroskopische Untersuchungen ausgeführt worden sind, und folglich die charakteristischen Bewegungen auch in der Verletzung anderer Teile des Vorhofs ihren Grund haben konnten. Dafs diese Annahme begründet ist, dafür sprechen die Beobachtungen Sewalls (1883).

---

*) Fast jeder, der mit den Bogengängen experimentierte, wies auf den Irrtum Böttchers hin.

Cyon (Methodik 1876, p. 545) erhob gegen ihn folgenden Einwand:

„Da auch bei den auf die beschriebene Weise operierten Tauben die bekannten Bewegungsstörungen in der prägnantesten Weise auftreten, so sind die Einwände von Böttcher über Blutungen, Entzündungen und Zerrungen des Gehirns hiermit erledigt. Die Versuche von Flourens wurden nicht, wie Böttcher vermutet, in der Weise ausgeführt, dafs er zu den Kanälen von der Paukenhöhle aus gedrungen. Wie aus den kurzen Angaben, die Flourens über seine Versuche macht, unzweideutig hervorgeht, ist er in einer ähnlichen Weise, wie oben beschrieben wurde, von hinten durch die Hinterhauptsknochen zu denselben gelangt. Böttchers Einwände wegen Zerrungen des Hirns könnten sich schon darum nicht gegen die Versuche von Flourens und die von mir mitgeteilten richten, weil die von uns beschriebenen Verschiedenheiten in den Bewegungsanomalien, je nach dem Bogengangpaare, welches verletzt wird, schon von vornherein jeden Verdacht auf Täuschung durch Nervenverletzungen ausschliesst."

**) Cyon schlägt auf Grund einer Arbeit Stiedas über die doppelte Natur des Hörnerven vor, denselben n. vestibulo-cochlearis zu nennen.

Aus seinen Versuchen geht nämlich hervor, dafs nicht nur Reizung der Ampullenkämme, sondern auch der macula utriculi und sacculi von einer ganzen Reihe anormaler, mehr oder weniger stürmischer Bewegungen begleitet ist. Da der Vorhof bei den Haien und einigen anderen Fischen ungewöhnlich grofs ist, so konnte Sewall die Reizung an jedem ihrer Endapparate ziemlich genau lokalisieren. Demnach können wir auf Grund seiner nicht allzu zahlreichen und von einer anderen Seite noch nicht näher geprüften Versuche einstweilen den wahrscheinlichen Schlufs ziehen, *dafs im Ohre der Fische und vielleicht auch der anderen Tiere die Koordination der Bewegungen nicht nur durch die Bogengänge, sondern auch noch durch andere Teile des Vorhofs, den utriculus und sacculus, reguliert wird.*

Für die Identität der Funktionen aller dieser Gebilde spricht auch ihre Entstehung aus ein und demselben Organ, der Otocyste oder richtiger Lithocyste der niederen Tiere, bei denen die Entfernung des Gehörbläschens nach den Beobachtungen von Delage u. a. mit einer Gleichgewichtsstörung verknüpft ist. Ob dieses Bläschen irgend eine Rolle bei der Schallwahrnehmung spielt, ist zur Zeit noch eine offene, unaufgeklärte Frage, da zu Gunsten einer Gehörfunktion desselben *kein einziger direkter Beweis* erbracht ist.

Auf welche Weise geht nun jene *maschinenartige Selbstregulierung der Bewegungen* vor sich? Es sind viele Erklärungen dieses verwickelten Mechanismus gegeben worden, welche im folgenden angeführt werden sollen.

I. Erklärung.

Hängen nicht die Gleichgewichtsstörungen von dem *direkten* Einflufs der verletzten Gebilde auf die *Muskeln* ab?

Böttcher erklärte die anormalen Bewegungen durch die überwiegende Aktion gewisser Muskeln vor den anderen.

Bei vorsichtiger Durchschneidung der Bogengänge treten infolge einer augenblicklichen Unthätigkeit des Flügels oder des Beines (Zusammenknicken beim Gehen) Manègebewegungen nach der Seite der Verletzung auf. Die gesunde Seite, die energischer und gleichmäfsiger als die kranke arbeitet, dreht allmählich den Rumpf nach der Seite der Verletzung. Man kann diese Bewegung mit derjenigen eines Boots vergleichen, auf dessen einer Seite stark und gleichmäfsig und auf dessen anderer ungleichmäfsig und schwach gerudert wird; das Resultat wird eine Kreisbewegung des Boots sein. Die momentane Abnahme der Thätigkeit der Extremitäten nach der Durchschneidung kann nicht als Paralyse angesehen werden, da sich diese Thätigkeit vollkommen wieder einstellt, sondern eher als temporäre krampfhafte Kontraktion. (Ewald kam auf Grund seiner Beobachtungen zu einem gerade entgegengesetzten Schlusse. S. 352.) Die Beständigkeit der Störungen weist schon auf eine Verletzung von Centralteilen hin.

Während tiefer Chloroformnarkose, wenn die Schmerzempfindungen bereits ganz aufgehoben sind, hören die Kontraktionen auf, um mit dem Erwachen des Tieres aus der Narkose von neuem aufzutreten. Dies beobachtet man gewöhnlich dann, wenn das Hirn verletzt ist.

Nach Curschmann haben die Bewegungsstörungen einen *ataktischen* Charakter. Dieser Ansicht kann Spamer (1880) nicht beistimmen, weil eine halbseitige Ataxie, d. h. doch eine bald zu schwache, bald übermäfsig starke Muskelaktion der einen Seite, bald Drehungen nach der ataktischen Seite, bald solche nach der gesunden Seite hin veranlassen müfste, aber in keinem Falle allezeit Bogendrehung nach der ersteren — wie wir sie doch bei allen Tieren beobachten. Es verbleibt nach Spamer nur, mit Böttcher anzunehmen, dafs die Störungen durch die übermäfsige Thätigkeit der Muskeln auf der operierten Seite hervorgerufen werden.

(l. c. p. 559.) „Die Erscheinungen zwingen, wie mir scheint, anzunehmen, dafs infolge von Verletzung einer oder mehrerer Kanäle einer Seite die Orientierung über die Gliederlage auf dieser Körperhälfte (allein oder mindestens ganz vorwiegend hier) gestört sei, und dafs, besonders anfangs, (infolge einer von hier ausgehenden Reizempfindung?) dieser Seite beim Fliegen und Laufen stärkere Muskelimpulse zugeschickt werden, welche die vorwiegende Drehung nach dieser Seite und das Bogenlaufen nach derselben verursachen."

Etwas anders stellt sich Bornhardt die Beteiligung der Muskeln an dem Auftreten der charakteristischen Störungen vor. Er stützt sich auf folgende Beobachtungen:

1. Die Versuche zeigen uns, dafs bei der Zerstörung eines membranösen Kanals der einen Seite starke Kontraktion der Muskeln der andern Seite stattfindet.

2. Die Augenbewegungen hängen *nicht* von den Bogengängen, sondern von einer Muskelkontraktion ab, wie aus folgendem Versuch geschlossen werden mufs: „Ich (Bornhardt) halte das Kinn unbeweglich mit der Hand fest, schliefse dann die Augen und bemühe mich, den Kopf z. B. nach *links* zu drehen; infolgedessen findet natürlich eine Kontraktion der Drehmuskeln des Kopfes statt. Wenn ich die Augen öffne, so befinden sich beide Pupillen in den *linken* Winkeln der Augenspalten und gehen augenblicklich in die normale Lage zurück. Diese Bewegung der Augen nach links fühle ich selbst, wenn ich schnell den Versuch mache, den Kopf nach *links* zu drehen. Denselben Versuch führte ich auch an einem meiner Kollegen aus und erhielt ein ganz ähnliches und äufserst scharfes Resultat."

„Jetzt entsteht die Frage: veranlafst die Kontraktion der Drehmuskeln des Kopfes *direkt* die Augenbewegungen, oder rufen diese Muskelkontraktionen nur eine gewisse *Erregung eines bestimmten Organs* hervor, das eben auf reflektorischem Wege die Augenbewegungen veranlafst? Auf Grund der Beobachtung, dafs die Durchschneidung der Bogengänge selbständige *) Augenbewegungen hervorruft, und dafs die Drehmuskeln des Kopfes bei ihrer Kontraktion eine bestimmte Reizung auf die Bogengänge ausüben, wie wir weiter unten sehen werden (eine ganz fehlerhafte Beobachtung, s. weiter unten. Ref.), ist anzunehmen, dafs *der Bogengang das Organ ist, vermittelst dessen die sich kontrahierenden Muskeln die Augenbewegungen hervorrufen.*"

(Wie dieses geschieht, darüber wird weiter unten gesprochen werden.)

---

*) „Ich sage „selbständige" deshalb, weil jede Bewegung der Augen jeder anderen Bewegung vorhergeht. (Dieses wird besonders deutlich an Kaninchen beobachtet.)"

„Wird an dem Tier der linke Horizontalkanal durchschnitten, so treten nach passiver Drehung nach rechts keine Augenbewegungen auf, oder dieselben sind sehr schwach. Während einer passiven Drehung des Tieres nach rechts ist der Kopf desselben nach links geneigt, und beim Anhalten der Drehung wird er mit Kraft nach rechts weggezogen und durch die Muskeln, die sich noch weiterhin kontrahieren, in dieser Stellung erhalten. Auch die Augen befinden sich in den rechten Winkeln der Augenspalten. Unmittelbar darauf tritt bei einer nicht operierten Taube eine Kontraktion der linksseitigen Muskeln auf; infolgedessen rückt der Kopf nach der Medianlinie und über diese hinaus noch weiter nach links, worauf er, ehe er die Normalstellung einnimmt, einige Oscillationen um die Medianlinie ausführt; gleichzeitig finden Augenbewegungen nach links statt. An Tieren mit durchschnittenem Horizontalkanal wird nichts derartiges beobachtet; der Kopf stellt sich nach einer Drehung nach rechts erst allmählich in die Mittellinie ein, und es erfolgt nichts weiter. Hieraus mufs man schliefsen, dafs die Verletzung des Bogenganges einen *Zustand von Mattigkeit derjenigen Muskeln*, die den Kopf nach der Seite des durchschnittenen Kanals drehen, nach sich zieht; wahrscheinlich fehlen die Augenbewegungen, die gewöhnlich unter normalen Verhältnissen nach Unterbrechung der Drehung auftreten, in Folge Ausbleibens der Muskelkontraktion. Wird das Tier nun nach *links* gedreht, so bemerkt man, dafs der Kopf beim Anhalten eine Verdrehung nach links zeigt. Darauf hin treten Erscheinungen wie bei der normalen Taube auf: der Kopf rückt stofsweise nach rechts, die Augen bewegen sich auch nach rechts. Und so sehen wir, *dafs auf der Seite des verletzten Kanals die Muskelkontraktionen langsam und schwach, die Augenbewegungen gar nicht oder nur schwach vor sich gehen.*“

„Nach dem eben Angeführten liegt also die Vermutung nahe, dafs *der Kopf infolge der Durchschneidung eines Bogenganges die Fähigkeit verliert, die Kontraktionsstärke derjenigen Muskeln abzuschätzen, die den Kopf nach der Seite des durchschnittenen Kanals drehen.* Diese Vermutung verträgt sich vollkommen mit den Thatsachen, die weiter unten angeführt werden.“

„1. Die Durchschneidung der Kanäle zieht Schwäche der unteren Extremität der operierten Seite nach sich (wie Böttcher). Dieselbe ist um so schärfer ausgeprägt, je stärker der membranöse Kanal bei der Operation gespannt war. Diese Schwäche der Extremitäten trägt nicht immer einen gleichen Charakter; derselbe variiert vielmehr in der Mehrzahl der Fälle gemäfs der Richtung des durchschnittenen Kanals. Um ihn beurteilen zu können, mufs man die Art und Weise, wie die Extremitäten funktionieren, beobachten. Nachdem die geschwächte Extremität in die Höhe gehoben worden ist, wird sie nicht auf einmal, sondern ganz allmählich niedergesetzt; hat sie begonnen, sich zu strecken, so beugt sie sich sofort wieder, streckt sich dann wieder u. s. f., bis sie endlich den Boden berührt: darauf erst wird sie, aber immer noch mit grofser Unsicherheit, niedergesetzt. Dieser Umstand weist ohne Zweifel darauf hin, dafs das Tier nicht im stande ist, seine Bewegungen zu regulieren. Derartige Bewegungsstörungen sind denen sehr ähnlich, wie sie auch am Menschen beobachtet werden und die Bezeichnung *ataktischer Bewegung* tragen.“

„2. Die Taube steht oft auf dem gesunden Bein und bleibt in dieser Stellung lange in Ruhe. Dieses weist auf eine Schwäche des gehobenen Beines hin. Wenn das Stehen auf einem Bein für die *Schwäche* der erhobenen unteren Extremität spricht, so ist es angesichts dieser Thatsache anderseits schwer, bei dem Tiere Schwindel anzunehmen. Aufserdem wird

an Vögeln und Kaninchen bei der Fortbewegung eine unregelmäfsige Bewegung beobachtet.“

„Dieses alles zeigt, dafs die Bogengänge in einer gewissen Beziehung zu der Bewegung der Extremitäten stehen. Ich will nicht behaupten, dafs sie zur Regelmäfsigkeit der Bewegungen dieser Teile unumgänglich sind; einen solchen Kausalzusammenhang kann man sich schwer vorstellen. Der Umstand, dafs die Störung in den Bewegungen der Extremität der Kraft der Spannung des membranösen Kanals proportional geht, läfst voraussetzen, dafs die Spannung dieses Kanals vermittelst des ampullaren Nerven eine Beschädigung in den Centralteilen des Gehirns erzeugt.“ (Bornhardt pflichtet demnach der Ansicht Bottchers bei. Ref.)

„Was den Charakter der Kopfbewegungen betrifft, so können wir mit Recht in diesem Falle dieselbe Folgerung ziehen, wie auch hinsichtlich der Bewegungen der Extremitäten.“

„In der That, beim Striegeln des Körpers mit dem Schnabel macht der Kopf so ungeschickte, unregelmäfsige Bewegungen, dafs der Schnabel oft gar nicht den Körper erreicht. Noch ungeschickter, noch unregelmäfsiger sind die Kopfbewegungen beim Aufpicken des Futters.“ Eine Taube, bei der die beiden hinteren Vertikalkanäle durchschnitten sind, kann gar nicht das auf der Diele liegende Korn erreichen. Der Kopf beschreibt einen Bogen von zu kleinem Radius, so dafs der Schnabel über dem Korn vorbeigeht. Biegt man ferner bei operierten Tauben den Kopf langsam zusammen, und läfst ihn dann los, so nimmt er nicht sofort die Normalstellung ein, sondern bald nähert er sich, bald entfernt er sich von der Mittellinie und erst allmählich stellt er sich in dieselbe ein. Diese Bewegungen erinnern im höchsten Grade an die Bewegungen der Extremität der operierten Seite, wenn erstere sich aus ihrer gebogenen Lage streckt und auf den Boden stellt. Genau dasselbe wird wahrgenommen, wenn man das Tier stöfst: der Kopf nimmt nicht sogleich die Normalstellung ein, sondern macht eine ganze Reihe schwankender Bewegungen, was bei unoperierten Tieren nicht der Fall ist.“

„Dies alles weist darauf hin, dafs das Tier der Fähigkeit, seine Bewegungen zu koordinieren, beraubt ist, dafs es nicht imstande ist, die Gröfse einer erzeugten Muskelkürzung zu empfinden. Aber in diesem Falle müfste man erwarten, dafs das Tier infolge der Unfähigkeit, seine Bewegungen zu koordinieren, zuweilen schwungreichere Bewegungen machen würde, als die pendelartigen Bewegungen uns erscheinen. Und in der That bemerken wir, dafs der Kopf bei Reizungen, bei raschen Bewegungen viel heftigere und auf einen gröfseren Raum ausgedehnte Bewegungen ausführt.“

„Alles hier Gesagte scheint darauf hinzudeuten, dafs auch *diese Bewegungen einen ataktischen Charakter besitzen* und dafs wir es folglich auch bei den Kopfbewegungen mit *dem Verlust des Muskelgefühls zu thun haben.*“

„Das Tier verliert also unserer Voraussetzung gemäfs nach der Durchschneidung des Bogenganges das Muskelfühl derjenigen Muskelgruppe, welche den Kopf nach der Seite des durchschnittenen Kanals und in der Ebene desselben umwendet. Infolge dessen wird bei Versuchen, sich zu bewegen, das Tier, da es von der Gröfse der erzeugten Kopfbewegung keine Empfindung erhält, in der Ebene des durchschnittenen Kanals mit dem Kopfe Bewegungen von immer gröfserem und gröfserem Schwunge machen; so entstehen jene Schwankungen des Kopfes, die als pendelartige Bewegungen bezeichnet werden.“

„*Demnach hängen die pendelartigen Bewegungen von der Unmöglichkeit,*

die Kopfmuskeln der Erzeugung einer gewissen zweckmäfsigen Bewegung rasch anzupassen, ab.“

„Wenn wir den pendelartigen Bewegungen einen ataktischen Charakter zuerkennen, müssen wir auch annehmen, dafs die Bewegungen der Extremität einen ähnlichen Charakter haben.“

„Durch die Spannung der membranösen Kanäle werden auch die pendelartigen Kopfbewegungen verstärkt.“

„Hiernach können wir schliefsen, dafs eine mechanische Verletzung eines Kanals die Regelmäfsigkeit der Bewegungen des Kopfes und einer Extremität stört, ferner, dafs das Wesen dieser beiden Störungen das nämliche ist und in einer Schwankung des Muskelgefühls des Kopfes und einer Extremität infolge der Bogengangverletzung besteht. Wenn das Muskelgefühl einer gewissen Muskelgruppe schnell abnimmt, wenn die verstärkten, ungeregelten Muskelbewegungen schnell eine Störung des Körpergleichgewichts, eine heftige Bewegung der Augen und folglich Sehschwindel erzeugen, so erscheint als notwendige Folge eines solchen Zustandes die Empfindung des Kopfschwindels, dessen Richtung durch die Stelle des gestörten Muskelgefühls und durch die Richtung der vorhergehenden Augenbewegung, d. h. durch den Charakter des Sehschwindels, und vielleicht auch durch die Schwächung der unteren Extremitäten bestimmt wird.“

„Somit haben uns die Beobachtungen zu dem Schlusse geführt, dafs *Verlust des Muskelgefühls unmittelbar durch die Durchschneidung des Bogenganges hervorgerufen wird, und dafs die pendelartigen Bewegungen des Kopfes und die Augenbewegungen eben Folgen des Verlustes des Muskelgefühls sind*, der ungeregelte Kopfbewegungen nach sich zieht, und dafs ferner *die Schwäche einer Extremität eine gleichzeitig auftretende Erscheinung ist*, die vielleicht in der Verletzung des Gehirngewebes infolge starker Zerrung der Bogengänge ihre Ursache hat.“

II. Erklärung.

Verletzung des Vorhofs zieht zuerst eine Anderung in der Stellung der Augen nach sich und führt dann eben infolge dieser zu verschiedenartigen Bewegungsstörungen.

Zu Folgerungen, die denjenigen Bornhardts diametral entgegengesetzt sind, kam Högyes (1880) auf Grund seiner Versuche, durch die er nachwies, dafs Augenbewegungen *direkt* nicht nur durch Reizung des Ohrlabyrinths, sondern auch einer ganzen Reihe von Gehirncentren hervorgerufen werden können. Um die Ursache der Augenbewegungen, die Breuer kompensatorische genannt hat, näher zu prüfen, stellte Högyes Drehversuche mit einem auf einem Brette befestigten Kaninchen in einer der drei Hauptebenen an. Es zeigte sich (wie wir schon oben gesehen haben) dafs die Rotation in jeder Ebene verschiedene associierte, doppelseitige, unwillkürliche Bewegungen der bulbi mit einem nach der Drehung auftretenden Nystagmus nach der der stattgefundenen Rotation entgegengesetzten Seite bedingt.

Es fragt sich nun, wo die Ursache dieser Bewegungen zu suchen sei.

Die associierten doppelseitigen Augenbewegungen bei der Rotation verschwinden nicht nach Durchschneidung des n. opticus, nach Entfernung der Hemisphären und des thalamus opticus, nach Durchschneidung des ver-

längerten Marks zwischen dem Calamus scriptorius und dem Centralkern des Hörnerven; im letzteren Falle zieht die Durchschneidung doppelseitigen Nystagmus nach sich.

Die associierten doppelseitigen Augenbewegungen verschwinden dagegen nach Durchschneidung des vorderen Teils des Vierhügels, des Centralkerns des Hörnerven, der Hörnerven, nach Zerstörung der beiden membranösen Labyrinthe, sowie nach Ausführung eines Querschnitts entlang der Raphe bis zur unteren Öffnung des aquaeductus Sylvii. Nach einseitiger Zerstörung des Labyrinths oder nach einseitiger Durchschneidung des Hörnerven wird doppelseitige Ablenkung der Augen in diagonaler Richtung beobachtet. Dasselbe tritt auch bei Querdurchschneidung des Bodens des Ventrikels ein. Demnach liegt das Centrum der während einer Rotation erzeugten Augenbewegungen im Mesencephalon und verlängerten Mark in dem Zwischenraum zwischen den corpora quadrigemina und dem Centralkern des Hörnerven. Von diesem Centrum laufen die Nervenbahnen nach den Augen und dem Labyrinth aus.

Alle diese Teile bilden einen einzigen zusammenhängenden Apparat, den HÖGYES *„den associierenden Nervenapparat der Augenbewegungen“* nennt.

Dieser associierende Nervenmechanismus besteht aus *centralen* (dem associierenden Centrum der Augenbewegungen), *centripetalen* und *centrifugalen* Bahnen. Das associierende Centrum liegt in den Centralkernen des 8., 6., 4. und 3. Schädelnerven des Mesencephalon und des verlängerten Marks, die centripetalen Bahnen liegen in den n. acustici und die centrifugalen in den 6 Nerven der Augenmuskeln. Aufserdem zerfällt der ganze associierende Nervenmechanismus in eine rechte und in eine linke Hälfte. Der centripetale Teil der rechten Seite liegt im rechten Labyrinth und im rechten acusticus; sein Centrum liegt an der Basis des 4. und 3. Ventrikels auf der rechten Seite der Raphe, zwischen dem Centralkern des rechten acusticus und denjenigen des rechten oculomotorius und trochlearis. Der rechte centrifugale Teil befindet sich im 6., 4. und 3. rechten Gehirnnerven. Ebenso links. Die Bahn, auf der ein Reiz vom Labyrinth nach den Augenmuskeln gelangt, ist folgende: in den beiden Labyrinthen nehmen die associierenden Nervenbahnen für beide Augen ihren Anfang; von da gelangen sie durch die acustici nach den ihnen entsprechenden Hälften des associierenden Centrums und darauf durch dieses nach den centrifugalen Bahnen des 6., 4. und 3. Nerven. Hierbei liegen die Nerven, welche die *lateral, aufwärts* und *medial* rotierenden Augenmuskeln versorgen, auf *derselben Seite*, während die übrigen Nervenfasern *auf die andere Seite* hinübergehen und diejenigen Augenmuskeln versorgen, welche die Augen *abwärts, medial* und *lateral* rotieren. Infolge dieser Anordnung empfängt jedes Auge gleichzeitig von beiden Labyrinthen reflektorische Erregungen.

Man mufs zugeben, dafs auch im Normalzustande während der Ruhe *eine beständige Erregung von den Labyrinthen nach den Augenmuskeln ausgeht* und dafs sich demnach die Augen im *labilen* Gleichgewicht befinden. Der stärkeren oder schwächeren Erregung entsprechend wird das labile Gleichgewicht unter momentaner doppelseitiger Ablenkung der Augen nach der einen oder der anderen Seite gestört. Sobald nur einmal die Bahn, auf welcher die associierende Nervenerregung nach den Augenmuskeln sich fortpflanzt, infolge Zerstörung der centripetalen Leitungen oder des Centrums selbst zerstört ist, geht das labile Gleichgewicht der Augen sofort in das *stabile* über, und beide Augen sind der Fähigkeit, doppelseitige Bewegungen auszuführen, beraubt.

Daher werden eben nach Durchschneidung der Gehörnerven keine kompensatorischen Augenbewegungen mehr beobachtet.

Gehen wir nun zu einer kurzen Betrachtung der Augenbewegungen über.

Auf Grund seiner Beobachtungen kam HÖGYES zu dem Schlusse, dafs jeder Augenmuskel gleichzeitig entweder mit dem gleichnamigen Muskel der anderen Seite oder mit dem Antagonisten desselben funktionieren kann. Mit dem gleichnamigem Muskel funktioniert der Augenmuskel bei Drehung des Tieres in der Sagittalebene, mit dem Antagonisten bei Rotation in der Horizontal- oder Frontalebene. Die Antagonisten ein und desselben Auges können nie gleichzeitig thätig sein. Nur zwei Augenmuskeln bekunden ihre Thätigkeit immer; so kontrahiert sich bei Drehung in der Horizontalebene auf der einen Seite der äufsere (laterale), auf der anderen der innere (mediale) Muskel. Bei Drehung in der Sagittal- und Vertikalebene summieren sich alle diese Doppelbeziehungen in der Weise, dafs an jedem Auge nur drei Muskeln in Aktion treten. Hieraus ist zu schliefsen, dafs im Ruhezustande die auf beiden Seiten im Antagonismus befindlichen Muskeln sich gegenseitig im Gleichgewicht halten. Durchschneidung der centripetalen Bahnen des n. acusticus zeigt, dafs sich in jedem Hörnerven 6 associierende Leitungen befinden. Von diesen leiten 3 die Reflexe nach den 3 Muskeln derselben Seite, die 3 anderen nach den Augenmuskeln der anderen Seite.

Auf diese Weise empfangen der rectus lateralis, rectus superior und obliquus superior des *linken* Auges ihre Erregung vom linken Hörnerven, der rectus medialis, rectus inferior und obliquus inferior desselben Auges vom rechten Hörnerven. Der Reflex, der die Augenbewegungen associiert, entsteht im membranösen Labyrinth. Bei mechanischer und chemischer Reizung jedes Labyrinths, sowie nach Durchschneidung der Hörnervenstränge kann man sich davon überzeugen, dafs durch diese 2 Nerven auf jeder Seite 6, folglich im ganzen 12 Augenmuskeln innerviert werden.

Seitens des n. cochlearis ist es unmöglich, einen Reflex hervorzurufen, da er nur Schallwahrnehmungen fortleitet, und da nach Zerstörung der Schnecke die Erscheinungen einer Gleichgewichtsstörung *ausbleiben*. Demnach bleiben nur die Ampullarnerven übrig, die die Erregung von ihren Cristen aus fortleiten. Aus Versuchen mit Reizung jeder Ampulle kam HÖGYES zu dem Resultat, dafs jede Crista in einem bestimmten Verhältnis zu einem Muskel derselben und zu einem Muskel der anderen Seite steht:

Die beiden recti laterales empfangen ihre Erregung von der oberen Crista der horizontalen Ampulle derselben Seite.

Die beiden recti mediales von der unteren Crista der horizontalen Ampulle der anderen Seite.

Die recti superiores von der lateralen Crista der vorderen sagittalen Ampulle derselben Seite.

Die recti inferiores von der lateralen Crista der hinteren frontalen Ampulle der anderen Seite.

Die beiden obliqui superiores von der medialen Crista der hinteren frontalen Ampulle der anderen Seite.

Endlich die beiden obliqui inferiores von der medialen Crista der vorderen sagittalen Ampulle der anderen Seite.

Infolge dieser Anordnung empfangen die in beiden Augen in derselben Richtung funktionierenden Muskeln gleichnamige und die in ein und demselben Auge in verschiedenen Richtungen funktionierenden Muskeln ungleichnamige reflektorische Erregungen.

Dieser reflektorische, unwillkürliche, associierende Mechanismus der

Augenbewegungen ist ohne allen Zweifel *angeboren*, auch scheint die vom Labyrinth her konstant empfangene *tonische Erregung* angeboren. Daher sind die Ampullen nur *Ergänzungs*teile des die Augenbewegung regulierenden Apparates.

Nach Durchschneidung der centripetalen Leitungen des n. acusticus werden *keine kompensatorischen Augenbewegungen mehr wahrgenommen.*

Zur Bestimmung des Zusammenhanges, der zwischen dem Augennystagmus und den anormalen Bewegungen des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten besteht, setzte Högyes (1881) ein Kaninchen mit ausgeschaltetem Sehvermögen der Drehung aus. Nach Verschlufs der Augen und selbst nach Durchschneidung der n. optici blieben die Erscheinungen der Gleichgewichtsstörung unverändert bestehen. Daher kam H. zu dem Schlusse, dafs die Bewegungsanomalien *direkt vom Labyrinth abhängig sind.*

Einwand **Baginskys** (1885) gegen **Högyes.**

Högyes nimmt 12 die Augenmuskeln versorgende motorische Nerven an. Aber dies ist eine irrtümliche Annahme, da bekanntlich von den 7 Augenmuskeln nur 5 vom n. oculomotorius innerviert sind, während die übrigen 2 (rectus lateralis und obliquus superior) vom n. abducens resp. trochlearis versorgt werden. Ebenso existieren nur 6 Cristae an den 6 Ampullen und je 2 maculae auf jeder Seite (nur 10 und nicht 12 Gebilde).

III. Erklärung.

Verletzungen des Vorhofs rufen eine Anderung in der Kopfstellung und Schwindelempfindungen hervor, welche kompensatorische Bewegungen und mannigfache Bewegungsstörungen im Gefolge haben.

Aufser den oben angeführten Erklärungen nämlich ist noch eine möglich, die darin besteht, dafs das Labyrinth nicht direkt die charakteristischen Bewegungen, sondern eine Änderung der Kopfstellung nebst subjektiven Schwindelempfindungen verursacht. Indem der Schwindel, wie wir früher gesehen haben, mit scheinbaren Ortsveränderungen der äufseren Gegenstände und des Körpers des Tieres selbst verknüpft ist, stört er das Gleichgewicht und zieht eine ganze Reihe kompensatorischer Bewegungen nach sich.

Schon Flourens*) bemerkte seiner Zeit, dafs die Oscillationen des

*) Flourens p. 446. 1842. „L'animal voyait, entendait, et paraissait conserver toutes ses facultés intellectuelles. Son corps était dans un parfait équilibre durant la simple station; mais, dès que l'aminal commençait à marcher, la tête recommençait à s'agiter, et cette agitation de la tête s'accroissant avec les mouvements du corps, toute démarche, tout mouvement régulier, finissaient par devenir impossibles, à-peu-près comme on perd l'équilibre et la stabilité de ses mouvements quand on tourne quelque temps sur soi-même ou qu'on secoue violemment la tête.“

Kopfes einen Einfluſs auf die Regelmäſsigkeit und Stärke des Auftretens der konsekutiven Erscheinungen ausüben.

Czermak (1866) und Vulpian (1866) waren die ersten, welche annahmen, daſs die Bewegungsstörungen und das Erbrechen nicht allein durch das Schwanken des Kopfes, sondern auch durch die mit ihnen verbundenen *Schwindel*anfälle hervorgerufen werden. Letztere Erscheinung brachte Goltz (1878) in ursächlichen Zusammenhang mit der *Aenderung der Kopfstellung*, indem er zeigte, daſs einerseits Fixierung des Kopfes eines Tieres mit verletzten Kanälen die anormalen Erscheinungen unterdrückt, anderseits Befestigung des verdrehten Kopfes einer normalen Taube mit dem Hinterhaupt an die Brust mittels blutiger Naht zu einer Störung in der Koordination der Bewegungen führt.

IV. Erklärung.

Verletzung von Teilen des Vorhofs ruft Anderungen in den Vorstellungen von der räumlichen Lage der Gegenstände hervor.

Die Bogengänge üben nach der Meinung einiger (s. III. Erkl.) einen *direkten* Einfluſs auf das Gleichgewicht des Kopfes aus; als das unmittelbare Resultat einer Störung desselben tritt allgemeine Gleichgewichtsstörung auf. Cyon und Solucha gingen sogar (1873) noch weiter und nahmen an, daſs *nicht die Aenderung der Kopfstellung* die Gleichgewichtsstörungen hervorruft, sondern daſs es die dabei auftretenden *Aenderungen in den Vorstellungen von der Lage und Entfernung* der das Tier umgebenden Gegenstände sind, die dieselben bewirken. Für diese Annahme schien der Umstand zu sprechen, daſs eine Taube, an welcher künstliches Schielen hervorgerufen war, wie nach Durchschneidung der Bogengänge, Manège- und Pendelbewegungen des Kopfes zeigte.

Hypothetische Erklärung von **Goltz** (1870).

Alle früheren Beobachter haben mit Recht hervorgehoben, es mache den Eindruck, als wenn die Tiere mit verletzten Bogengängen vom Schwindel befallen würden. Niemand hat jedoch die Richtigkeit dieser Annahme näher geprüft.

1. Nimmt man eine Taube (eine von den zwei operierten, S. 318 beschriebenen*)), die gerade sehr lebhafte Drehbewegungen des Kopfes und Körpers ausführt, in die Hand und fixiert den Kopf in der Normalstellung, so

*) Goltz, der sich auf die Beobachtung Flourens' stützte, daſs, je ausgedehnter die Verletzung der Kanäle ist, desto stärker die charakteristischen Bewegungen auftreten, führte keine vorsichtige Durchschneidung aus, sondern zerstörte die Kanäle (welche, ist nicht angegeben) durch Ausbrechen von Knochenstückchen. Von vielen auf so grobe Weise operierten Tieren blieben überhaupt nur zwei am Leben. Dieses weist darauf hin, daſs es Goltz nicht mit reinen Symptomen, sondern jedenfalls mit hinzugetretenen Affektionen des Kleinhirns zu thun hatte.

beruhigt sich das Tier*) schnell. Man hat in den festhaltenden Fingern keine Empfindung, als wenn das Tier etwa Anstrengungen macht, die Drehbewegungen des Kopfes mit ungeschwächter Kraft fortzusetzen.

2. Hat man auf diese Weise einen eine Zeitlang durstenden Tauber beruhigt und taucht man nun dessen Schnabel in eine flache mit Wasser gefüllte Schale so tief ein, dafs die Spitze des Schnabels den Boden berührt, und läfst man den Kopf des Tieres frei, so trinkt das Tier eine ganze Weile, ohne die Kopfstellung zu verändern. Dasselbe Resultat ergibt sich bei einer Taube, die einige Stunden gehungert hat: man nimmt Erbsen in den Mund und führt den Schnabel der Taube, deren Kopf man zuvor in die richtige Stellung zum Rumpfe gebracht hat, zwischen die Lippen. Das Tier frifst die Erbsen, ohne den Kopf zu verdrehen.

Hält man den Rumpf des Tieres mit der Hand und steckt den Schnabel bei richtiger Kopfhaltung in ein mit Erbsen gefülltes Gefäfs in die Erbsen hinein, so kann man den Kopf loslassen, ohne dafs derselbe sofort verdreht wird. Demnach genügt die geringste Unterstützung des Kopfes zur Wiederherstellung der gestörten Funktion. Dasselbe wird auch am Menschen, der vom Schwindel befallen wird, beobachtet: die geringste Unterstützung reicht hin, um ihm wieder das Gleichgewicht zu geben.

Aus den angeführten Beobachtungen erhellt, dafs die Kopfstellung bei Aufrechthaltung des Gleichgewichts eine grofse Rolle spielt. Die Durchschneidung der Bogengänge ruft eine Gleichgewichtsstörung des Kopfes hervor, welche sich auf den Rumpf überträgt. Demnach spielen die Bogengänge eine vermittelnde Rolle dadurch, dafs durch sie die Berechnung der richtigen Kopfstellung und Bewegung geschieht. Um sich von der Übertragung von Störungen des Kopfgleichgewichts auf den ganzen Rumpf zu überzeugen, wurde folgender Versuch angestellt: Der Kopf einer vollkommen gesunden Taube wurde so weit herumgedreht, bis der Scheitel dem Erdboden zugewandt war, wie beim operierten Tiere. In dieser Stellung wurde die Haut des Hinterkopfes in blutiger Naht an diejenige der Brust genäht. Wurde die Taube auf die Lehne eines Stuhls gesetzt, so stürzte sie unter lebhaftem Flügelschlag senkrecht auf den Fufsboden. Gab man dem Tier wiederholt Stöfse, so machte es einige Schritte *rückwärts*. Diese Erscheinungen bieten in vielen Punkten die gröfste Ähnlichkeit dar mit denen, die man an der Taube mit zerstörten Bogengängen sah.

Dieser Versuch weist auch darauf hin, dafs man bei den Erscheinungen an Tauben mit verletzten Bogengängen *ursprüngliche* und *abgeleitete* Störungen zu unterscheiden hat. Zu den ersteren gehören Änderung der Kopfstellung und Kopfbewegungen, zu den letzteren Verlust des Gleichgewichts, die Unfähigkeit zu fliegen, und die abnorme Richtung der Fortbewegung des Körpers.**)

---

*) Diese Beobachtung von GOLTZ bestätigten CYON und SOLUCHA. Man braucht nur das Tier in die Hand zu nehmen und den Schnabel zu fixieren, damit es sich beruhigt. Vorsichtig auf den Tisch gestellt, macht die Taube anfangs einige Anstrengungen, sich im Gleichgewicht zu erhalten, indem sie einen dritten Stützpunkt im Schwanz oder in den Flügeln sucht. In dieser Stellung verbleibt das Tier einige Augenblicke, bis der Kopf, der vermöge seiner Schwere zu fallen strebt, einen leichten Stofs erhält. Dieses genügt vollkommen zum Auftreten von pendelartigen Schwingungen, die so lange dauern, bis sich das Tier mit dem Scheitel oder mit dem Schnabel an etwas anlehnt. Schnell hingesetzt, verliert das Tier sofort das Gleichgewicht.

**) PINCUS empfiehlt bei den Tauben mit verstümmelten Bogengängen den

Demnach ist es zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts notwendig, dafs *das Tier stets eine klare Vorstellung von der Stellung seines Kopfes habe;* es orientiert sich über dieselbe vermittelst der Bogengänge (Sinnesorgan für das Gleichgewicht), da mit der Zerstörung derselben die Regelmäfsigkeit der Bewegungen gestört wird. (Die weitere Erklärung s. weiter unten.)

Beobachtungen von **Solucha** und **Cyon** (1873).

S. und C. bestätigten die Beobachtung von Goltz hinsichtlich des Einflusses der Kopfstellung auf den Verlust des Gleichgewichts, indem sie seinen Versuch mit dem Annähen des Kopfes einer Taube an die Brust wiederholten.

Um sich jedoch noch besser von dem Einflusse des Kopfes auf die Bewegungsanomalien zu unterrichten, wiederholten S. und C. die Versuche Longets (1845) mit der Durchschneidung der mm. recti capitis posteriores majores et minores am Hunde (Seite 314), wobei sie ein zuverlässiges Resultat erhalten haben wollen; auch führten sie das nach Goltz von Dr. Pincus vorgeschlagene Experiment mit der Fixierung des Kopfes bei einer Taube mit durchschnittenen Bogengängen aus. Die Fixierung des Kopfes geschah mittels einer eigens dazu hergerichteten Halsbinde, welche dem Rücken und dem Brustbein auflag: das Tier konnte auf unebenem Boden oder auf einer weichen Unterlage, wenn es drei Stützpunkte hatte, das Gleichgewicht erhalten, auf glattem Boden aber nicht. Sobald man nur die Binde abnahm, traten die bekannten Bewegungen wieder auf.

Ungleicher Gang nebst Störung des Gleichgewichts wurde auch durch eine *Täuschung der Gesichtsempfindungen* hervorgerufen. Wenn man der Taube *prismatische* Gläser aufsetzte, traten anormale Bewegungen auf, welche in schwachem Grade an die bei der Durchschneidung der Bogengänge zum Vorschein kommenden erinnerten. In einigen Fällen wurden Oscillationsbewegungen beobachtet, wie nach Durchschneidung eines horizontalen Kanals. Bisweilen kamen auch im ersten Augenblick des hervorgerufenen künstlichen Strabismus Manègebewegungen zum Vorschein.

Die Bedeutung des Muskelgefühls für die Erhaltung der Koordination der Bewegungen ist am Menschen hinlänglich nachgewiesen. Die durch das Muskelgefühl bedingten unbewufsten Empfindungen geben einen Begriff von der Stellung der Glieder und verursachen dadurch eben eine regulierende Kontraktion anderer Muskeln.

Demnach stimmen Solucha und Cyon mit Goltz darin überein, dafs die Kopfstellung die Koordination der Bewegungen beeinflufst. Die Bewegungsstörungen sind nach Cyon direkt *von den Änderungen der Vorstellungen über die Lage und Entfernung der Gegenstände abhängig*, wie dieses durch die Beobachtungen von Helmholtz*) bewiesen ist, welcher zeigte, dafs eine ungewöhnliche Kopfstellung beim Menschen die Begriffe von Tiefe und Entfernung der Gegenstände erheblich modifiziert. Dasselbe bemerkte er auch hinsichlich der Gehörsempfindungen.

Kopf mittels geeigneter Verbände in der normalen Stellung zu befestigen und zu beobachten, inwiefern sich dann die Störungen der Bewegung des gesamten Körpers etwa verändern.

*) Helmholtz. Physiologische Optik.

Was nun das die Kopfstellung regulierende Organ anbetrifft, so mufs man annehmen, dafs es in den *Bogengängen* liegt, deren Affektion Verlust der Fähigkeit, den Kopf stabil zu fixieren, mit nachfolgender Modifikation der Raumbegriffe*) nach sich zieht. „Indem so die Bogengänge dem Tiere die Vorstellung von der Kopfhaltung verschaffen, üben sie indirekt auch einen Einflufs auf die Erhaltung des Körpergleichgewichts aus."

Einwand **Blochs** gegen **Goltz** (1873).

l. c. p. 27. „Ich bin der Ansicht, dafs die von GOLTZ gegebene Erklärung wohl ebensowenig haltbar ist, als die Ansichten, gegen die er auftritt. Wir müssen uns vor allen Dingen fragen, was wir unter Verlust des Gleichgewichts verstehen sollen.

„Der Umstand, dafs eine operierte Taube von der Stuhllehne fällt, wenn der Stuhl in Bewegung gesetzt wird, kann uns durchaus noch nicht davon überzeugen, dafs die Taube das Gleichgewicht verloren hat. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs eine Koordinationslage erforderlich ist, um auf den Beinen stehen zu können; aber die operierten Tiere können stehen, während für die Vorwärtsbewegung bei ihnen die Koordination verloren geht.

„Es ist klar, dafs man auch die Kreisbewegungen zu den Bewegungsstörungen rechnen mufs; indessen pflegen dieselben nicht immer nach der Durchschneidung aufzutreten, und unmittelbar nach der Operation sind sie niemals vorhanden. Folglich hängen die Kreisbewegungen entweder von der Verletzung selbst oder von den pathologischen Prozessen ab, die sich nach der Operation abspielen.

„Wir sind erst dann berechtigt, einem Organ eine gewisse Funktion zuzuschreiben, wenn die Zerstörung desselben konstant ein und dieselben Erscheinungen zur Folge hat. Beobachten wir dieses nach Durchschneidung der Bogengänge? Die Abweichung des Kopfes geschieht bald nach der einen, bald nach der andern Seite; die Kreisbewegungen, abgesehen davon, dafs sie sehr oft überhaupt nicht vorhanden sind, gehen ebenfalls bald nach der einen, bald nach der andern Seite vor sich; das Erbrechen, das oft beobachtet wird, tritt nicht selten gar nicht auf.*)

„Schon allein diese verschiedenartigen Erscheinungen genügen, um die Ansicht, der zufolge den Bogengängen die Funktion der Erhaltung des

---

*) Durchschneidung der Kanäle an Tauben zeigte, dafs Störung des Gleichgewichts und unwillkürliche Bewegungen durch einen gewissen auf die Kanäle wirkenden Reiz hervorgerufen werden. Zu dieser Schlufsfolgerung ist man durch den Umstand berechtigt, dafs den allgemeinen krampfhaften Bewegungen stets Oscillationen des Kopfes vorangehen, die anfangs unbeträchtlich sind, dann allmählich stärker werden, schliefslich ihr Maximum erreichen und so den ganzen Organismus zur Ausführung von Zwangsbewegungen veranlassen. *Niemals* treten allgemeine Bewegungen *ohne vorhergehende* starke Oscillationen des Kopfes auf. (In seiner Arbeit von 1878 trat CYON der Ansicht BÖTTCHERs bei, der gezeigt hatte, dafs bei völliger Unbeweglichkeit des Kopfes Bewegungsstörungen auftreten können. Ref.)

Die durch Verletzung *eines* Kanals hervorgerufenen Störungen gleichen sich nach einigen Tagen aus, da das Tier innerhalb dieser Zeit sich wieder eine Empfindung von der Kopfstellung heranbildet. Bei doppelseitiger Verletzung der Kanäle dagegen wird das Gleichgewicht infolge der Unmöglichkeit, von neuem eine Stabilität des Kopfes zu erzielen, auf immer gestört.

Gleichgewichts zugeschrieben wird, zu widerlegen. Der Umstand, dafs ganz dieselben Kreisbewegungen auch nach Verletzung des Gehirns (der grofsen Hemisphären, des corpus striatum, des thalamus opticus, der pedunculi cerebri, des pons Varoli, des corpus quadrigeminum, der crura cerebelli, der corpora olivaria et restiformia, der pyramides, des Anfangsteils des nervus facialis und des n. opticus) auftreten, ist ebenfalls für die Unhaltbarkeit der GOLTZschen Hypothese von Belang."

Einwand **Curschmanns** gegen **Goltz** (1874. 19. Januar).

„Die Annahme, dafs die Bewegungstörungen des Rumpfes von der mangelhaften Balance oder fehlerhaften Haltung des Kopfes abzuleiten, also sekundäre seien, ist von der Hand zu weisen,

a) weil Störungen der Körperbalance auch bei Verletzungen der Bogengänge auf einer Seite vorkamen, wo, wie erwähnt, Haltung und Bewegung des Kopfes nicht namhaft alteriert sind,

b) weil jene Annahme höchstens allgemeine Schwindelerscheinungen, nicht aber die für die einzelnen Kanäle charakteristischen partiellen Störungen der Balance erklären würde,

c) sprechen direkte Versuche, auf die ich an dieser Stelle nicht eingehe, dagegen.

Selbst nach vollständiger Entfernung aller drei häutigen Kanäle auf beiden Seiten zeigen sich die Tauben durchaus nicht aller Direktion bar. Kräftige Tiere verfügen besonders in Ruhe und bei langsamer Lokomotion noch einigermafsen über ihre Körperhaltung."

Einwand **A. Böttchers** gegen **Goltz** (1874. 19. Juni).

Bei der Methode, mit welcher GOLTZ seine Tauben operierte, wurde unzweifelhaft das Kleinhirn beschädigt, wie man sich hiervon durch eine ganze Reihe von Sektionen überzeugen kann. Die von ihm auf Grund dieser Fälle aufgestellte Hypothese ist unhaltbar.*)

1. Wäre die Hypothese richtig, so müfsten wir nach doppelseitiger Durchschneidung der Bogengänge konstante Bewegungsstörungen beobachten. Hiergegen spricht das Experiment. Man kann die Durchschneidung der Bogengänge auf einmal oder hintereinander an mehreren Tagen ausführen, ohne dafs trotz des Ausfliefsens der Lymphe pendelartige Schwingungen

*) A. f. O. Bd. IX, p. 54—57. „Wenn die Hypothese desselben richtig wäre, so müfsten nach Durchschneidung des Bogenapparates auf beiden Seiten in jedem Falle bleibende Gleichgewichtsstörungen vorhanden sein. Trotz unveränderter Kopfstellung kommen nun aber doch Bewegungsstörungen des Rumpfes vor." — „Die Gleichgewichtsstörungen des Rumpfes können aber nicht aus Gleichgewichtsstörungen des Kopfes abgeleitet werden." — „Die Gleichgewichtsstörungen des Rumpfes können sich vollständig verlieren." — „Es kann also die Kontinuität der Bogengänge auf beiden Seiten unterbrochen sein und braucht darum dennoch keine Gleichgewichtsstörung des Rumpfes zu bestehen." — „Wenn ein Schwindel, wie GOLTZ annimmt, die Ursache der Reitbahnbewegungen und der Drehung um die Queraxe wäre, so müfste sich diese Störung beim Gebrauch der Flügel und der Beine stets in gleicher Weise äufsern."

wahrgenommen werden. Die Erscheinungen der Bewegungsstörung treten gewöhnlich nach einigen Tagen als Resultat der Entzündung auf.

2. Bewegungsstörungen des Rumpfes kommen auch trotz unveränderter Kopfstellung vor. Daher können Gleichgewichtsstörungen des Rumpfes mit einer Änderung der Kopfstellung nicht in Zusammenhang gebracht werden. (Diese Beobachtung bestätigte Cyon 1878.)

3. Die Gleichgewichtsstörungen des Körpers können bei Verletzung der Bogengänge ganz verschwinden. Wie ist diese Thatsache mit der Annahme zu vereinigen, dafs die Bogengänge zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts notwendig sind?

4. Wären die Manègebewegungen und die Drehungen um die Queraxe durch Schwindel bedingt, so müfsten sich diese Störungen in ein und derselben Weise in der Funktion der Flügel und Beine wiederspiegeln. Das Experiment zeigt jedoch, dafs Störungen im Gebrauch der Beine und Flügel unabhängig voneinander stattfinden oder gleichzeitig und dabei in verschiedenen Stärkegraden bestehen können.

5. Die an den Goltzschen Tauben beobachtete Kopfverdrehung steht in keinem Zusammenhange mit der Durchschneidung der Bogengänge. Deshalb sehen wir auch in dieser Hinsicht die Unzulänglichkeit einer Hypothese, welche die unregelmäfsigen Bewegungen durch Schwindel erklärt haben will. Kopfverdrehung wird nach groben operativen Eingriffen beobachtet. Bei Exstirpation der beiden oberflächlichen Kanäle werden die Gebilde des Vorhofs gezerrt, oder der aquaeductus vestibuli leicht mit herausgerissen.

6. Die unmittelbar, nachdem der Kopf der Taube an die Brust genäht ist, auftretenden Gleichgewichtsstörungen weisen keineswegs darauf hin, dafs die Erscheinungen nach der Durchschneidung der Bogengänge durch dieselbe Ursache hervorgerufen werden.

7. Es ist nicht anzunehmen, dafs die Bewegungsstörungen von dem Schwindel, den die Durchschneidung der Bogengänge verursacht, abhängen, da sie bald gänzlich verschwinden, trotz der mikroskopisch konstatierten beständigen Beschädigung der Bogengänge.

8. Ebensowenig kann man das Auftreten dieser Symptome von dem Verlust der Endolymphe und dem anormalen Urteil über die Kopfstellung ableiten, da die Durchschneidung eines Bogenganges oberhalb oder unterhalb der Durchkreuzungsstelle *neue* Erscheinungen hervorrief. Wenn die Ursache der Störungen von der Endolymphe abhinge, so müfste bei Verletzung eines und desselben Bogenganges stets ein und derselbe Effekt erzielt werden, was indessen thatsächlich nicht der Fall ist.

Einwand **Bornhardts** gegen **Goltz** (1875).

l. c. p. 26. Die Beobachtung (hinsichtlich des Verschwindens der Störungen nach Fixierung des Kopfes) kann die Existenz des Schwindels nicht beweisen, da auch alle unregelmäfsigen ataktischen Bewegungen aufhören, sobald die Extremitäten oder der ganze Körper keine Bewegungen mehr ausführt.

l. c. p. 152. Die Taube steht auf dem gesunden Bein und bleibt in dieser Stellung lange in Ruhe. Wenn das Stehen auf einem Bein für die Schwäche der erhobenen unteren Extremität spricht, so ist es anderseits unzulässig, bei dem Tiere Schwindel anzunehmen.

l. c. p. 153. Dafs die Schwäche der Extremität keine Folge der Bewegungsstörungen des Kopfes und des Schwindels ist, geht daraus hervor, dafs sie oft nach einem oder zwei Tagen verschwindet, während die Kopfbewegungen unverändert fortdauern.

Bemerkung **Spamers** (1880).

Vielfach aufgeworfen ist die Frage, ob und inwieweit alle abnormen Bewegungen operierter Tauben mit *Schwindelempfindungen* vergesellschaftet bezw. durch dieselben hervorgerufen worden sind.

1. Ein Hauptgrund für die Annahme des Vorhandenseins von Schwindelempfindung liegt in dem auffälligen, unbezweifelbaren Umstande, dafs diese abnormen Bewegungen unter dem Einflufs psychischer Aufregung, der Angst bedeutend verstärkt werden.

2. Die Neigung, sich nach Durchschneidung eines Bogenganges nach der Seite der Verletzung zu drehen, kann man durch das Bestreben erklären, die Empfindung einer Scheinbewegung nach der entgegengesetzten Seite zu kompensieren. Mit dem Verschwinden dieses Gefühls hört auch die Bewegung nach der entgegengesetzten Seite augenblicklich auf. Dieselbe Erscheinung kommt auch beim Menschen vor.

3. Beobachtung von Fällen Ménièrescher Krankheit an Menschen machen auch den Schwindel bei Tieren sehr wahrscheinlich.

4. Die Beobachtung des galvanischen Schwindels ergibt dieselbe Erscheinung, (Schwindel-)Gefühl, nach der einen Seite getrieben zu werden und infolge davon Fallen nach der entgegengesetzten.

Auch der Gesichtsschwindel scheint dasselbe zu ergeben. HELMHOLTZ' Beobachtungen am Rheinfall dürfte vielleicht ebenso gedeutet werden.

Einwand **Bechterews** gegen **Goltz** und **Cyon** (1882).

„Durch die angeführten Versuche (Annähen des Kopfes, Durchschneidung der Halsmuskeln u. s. w.) suchte man zu beweisen, dafs das Körpergleichgewicht von der Stellung und dem Gleichgewicht des Kopfes abhinge, wiewohl meiner Meinung nach diese Thatsachen bei weitem nicht die Bedeutung haben, die ihnen beigelegt wird. In der That, bei der citierten Erklärung bleibt es ganz unverständlich, weshalb das Tier, dem es in jedem Falle möglich ist, sich vermittelst des Muskelgefühls über die wirkliche Stellung seines Kopfes zu orientieren, nicht die Ungenauigkeit seiner Bewegungen korrigiert?"

„Ferner spricht gegen die von GOLTZ ausgesprochene Ansicht betreffs der Abhängigkeit der nach Zerstörung der Bogengänge auftretenden Erscheinungen von der Gleichgewichtsstörung des Kopfes schon der Umstand, dafs nicht selten an operierten Tieren starke Störungen im Körpergleichgewicht, ohne die geringsten Pendelbewegungen des Kopfes beobachtet werden (übereinstimmend mit BÖTTCHER). Aber auch abgesehen davon, wenn wir wissen, dafs bei dem Tiere unmittelbar nach der Operation gleichzeitig sowohl eigentümliche Kopf- und Augenbewegungen, als auch mannigfache anormale Stellungen des Rumpfes und der Extremitäten in Verbindung mit einer Störung der Körperbalance auftreten, weshalb müssen dann diese letzteren als eine Folge der ersten Art von Erscheinungen und nicht als direktes Resultat der Operation selbst angesehen werden?"

„Demnach ist unserer Ansicht nach kein Grund vorhanden, zu behaupten, dafs die Bogengänge Organe sind, welche für die Aufrechterhaltung

des Gleichgewichts des Kopfes allein bestimmt sind. Wir fassen sie als *Organe* auf, *die zum Gleichgewicht des ganzen Körpers in Beziehung stehen.*"

Aus klinischen Beobachtungen hat sich ergeben, dafs manche Kranke Schwindel ohne alle Bewegungsstörungen empfinden. In anbetracht dessen kann man annehmen, dafs auch bei den Tieren — wofern es nur gestattet ist, die Beobachtungen am Menschen direkt auf sie zu übertragen — Schwindel ohne Störung des Gleichgewichts bei Verletzung gewisser Teile des Labyrinths vorkommen kann. Die Frage bleibt also noch offen.

Durch welchen Zustand des Endapparats des Vorhofs und der Bogengänge sind die Bewegungsstörungen bedingt?

Im vorhergehenden Kapitel wurden die Ansichten erörtert, die hinsichtlich eines eventuellen *Zusammenhanges zwischen den einzelnen* Flourensschen Erscheinungen und hinsichtlich ihrer *Aufeinanderfolge* geäufsert worden sind. Dabei ist aber die Frage über den Zustand, in den der Vorhof und die Bogengänge infolge bestimmter Bedingungen des Experiments versetzt werden, nicht berührt worden. Ob diese Bewegungsstörungen als das Resultat einer *erhöhten* oder *verminderten* Thätigkeit der Bogengänge auftreten, ist noch nicht vollkommen entschieden. In Betreff dieses Punktes existieren zur Zeit drei Theorien:

1. die *Hemmungs- oder Lähmungstheorie von* Chevreul, nach der die Bewegungsstörungen infolge Aufhörens der von den Bogengängen ausgehenden Impulse auftreten (Lähmungssymptome, Ausfallserscheinungen, Funktionsausfall);

2. die *Reizungstheorie* von Brown-Séquard, welche als Ursache aller Erscheinungen die durch die verschiedenen Arten des Experimentierens verursachten Reizungen der Bogengänge auffafst (Reizungssymptome, Reizerscheinungen); endlich

3. die *Mischtheorie*, welche den Ausfall der Funktion des Organs der einen Seite bei normaler Erregung desjenigen der anderen Seite annimmt (Bechterew), oder auch einen Teil der Erscheinungen einer Reizung, den anderen einer Hemmung zuschreibt (Bornhardt).

I. Thatsachen und Gründe für und wider die Hemmungstheorie.

Chevreul[222]) kam bei der Analyse der Flourensschen Versuche (1831) zu dem Schlusse, dafs die Bewegungsstörungen durch das *Ausfallen*

[222]) Hypothese Chevreuls. Journal des Savants. 1831. p. 10.
Ch. erklärt sich die Flourensschen Versuche bei der Analyse derselben auf folgende Weise (l. c. Flourens p. 496. 1842):

der Bogengänge, ihren unthätigen Zustand, *nicht* aber durch ihr *Vorhandensein* bedingt sind, und dafs man demnach in den Bogengängen Organe erblicken mufs, die die Bewegungsanomalien nicht *hervorrufen*, sondern ihr Auftreten nur *unterdrücken*.

Diese Ansicht wurde von Flourens geteilt, der zu Gunsten der Lähmungstheorie keine direkten Beweise vorbrachte, sondern nur Vermutungen aussprach, die auf gewissen physiologischen und anatomischen Voraussetzungen beruhten. Für die Hemmungstheorie erklärten sich auch Goltz, Curschmann, Delage u. a. Nachstehende Thatsachen sind zur Stütze dieser Theorie angeführt worden:

1. Die anormalen Erscheinungen werden lange Zeit nach Heilung der Wunde beobachtet, wenn bereits jeder Reiz an der operierten Stelle verschwunden ist (Goltz).

2. Nach der Operation erlangt das Tier die Fähigkeit wieder, komplizierte Bewegungen auszuführen, jedoch nur mit Hilfe des Gesichtsorgans (Cyon).

3. Die Erscheinungen, welche nach leichter mechanischer Reizung der Bogengänge beobachtet werden, sind denjenigen, welche unmittelbar nach der Zerstörung derselben auftreten, direkt entgegengesetzt (Breuer, Bornhardt).

4. Wenn alle Erscheinungen durch eine Reizung bedingt wären, so würde der Ersatz der Funktionen der zerstörten Otocysten durch die anderen Sinnesorgane fast bis zum völligen Verschwinden aller krankhaften Symptome ganz unbegreiflich sein (Delage).

Gehen wir nun zu einer ausführlicheren Darlegung der Thatsachen und Gründe über, welche soeben angeführt worden sind.

Annahmen von **Flourens** (1842).*)

Auf Grund seiner bereits S. 174 entwickelten Voraussetzungen kam Flourens zu dem Schlusse, dafs die Bogengänge ein peripheres Organ darstellen, welches Bewegungen mitigire, während das Organ, welches die Bewegungen koordiniere, seinen Sitz im Kleinhirn hätte.

„C'est l'*absence* de ces canaux, et non leur *présence*, qui est la cause des phénomènes si singuliers décrits par M. Flourens: c'est donc hors de ces canaux qu'il faut chercher cette cause; et dès lors il faut les considérer, non comme des organes qui *produisent* les phénomènes en question, mais comme des organes qui les *empêchent*, au contraire, de se manifester."

*) Flourens 1842.

p. 548. „C'est donc dans l'encéphale, on peut déjà même aller plus loin, c'est surtout dans le cervelet que se trouve la première et fondamentale cause des mouvements singuliers qui suivent la section des canaux semi-circulaires."

p. 492. „A quoi tient donc, enfin, cette force singulière des canaux semi-circulaires? Elle tient aux rapports des nerfs de ces canaux avec les fibres de l'encéphale. Le nerf acoustique qui se rend dans l'oreille par le trou auditif interne,

Einwand von **Goltz** (1870) gegen **Flourens.**

l. c. p. 182. 1. Die Ansicht Flourens', dafs Tiere von einer unwiderstehlichen Macht (mouvements anormaux et irrisistibles) zu jenen sonderbaren Bewegungen angetrieben würden, ist nicht richtig. Aus den besprochenen Versuchen geht hervor, dafs sie unter gewissen Umständen sich beruhigen können.

2. Die Annahme Flourens', dafs die Nerven der Bogengänge als direkte Fortsetzungen der verschiedenen Kleinhirnschenkel zu betrachten seien, entbehrt jeder anatomischen Grundlage. Aufserdem ist mit einer

---

n'est pas un nerf simple; c'est un nerf complexe, et qui se compose de deux nerfs très distincts: le *nerf du limaçon* et le *nerf des canaux semi-circulaires.*"

„Le premier de ces nerfs, le nerf du limaçon, est le *vrai nerf auditif;* le limaçon et le *vrai siége* du sens de l'ouïe."

„L'autre nerf, le nerf des canaux semi-circulaires, n'est pas un *nerf des sens:* la section des canaux semi-circulaires ne détruit pas l'ouïe; elle la rend même plus vive, puisqu'elle la rend douloureuse. Le nerf des canaux semi-circulaires est un nerf spécial et propre. Il est doué de la faculté singulière *d'agir sur la direction des mouvements.* Parvenu à l'entrée des canaux semi-circulaires, ses *éléments primitifs*, car il naît par trois racines distinctes, s'*isolent* et se divisent de nouveau en trois branches, une pour chaque canal. Et c'est la branche nerveuse qui pénètre dans chaque canal qui est la *partie active* du canal, la partie dont la section produit l'effet, la partie dont la direction détermine, lors de la section, la direction du mouvement produit. p. 494."

p. 495. „Les filets nerveux du nerf des canaux semi-circulaires ont leur origine dans ces fibres de l'encéphale, lesquelles sont, tour à tour, *transverses* ou *droites*, *antérieures* ou *postérieures*, et dont les effets sont *opposés* comme les directions."

„C'est donc de ces *fibres opposées*, c'est donc de ces *fibres intimes et profondes de l'encéphale* que le *nerf des canaux semi-circulaires* naît et tire le principe de sa force et de son action."

p. 496. „La section de tel ou tel genre de fibres détermine tel ou tel mouvement. Ce mot *déterminer* n'est peut-être pas tout-à-fait exact. Je me serais exprimé d'une manière plus juste, en disant que la section *laisse éclater* le mouvement."

„En effet, l'action des *canaux semi-circulaires* et des *fibres opposées* de l'encéphale est beaucoup plus une action qui *modère*, une force qui *régit*, qui *contient*, qu'une force qui *pousse* et qui *détermine.*"

„Tant que les *canaux semi-circulaires* et les *fibres opposées* de l'encéphale sont *entiers*, le mouvements sont *modérés* ou *contenus;* au contraire. dès qu'on coupe, dès qu'on blesse les canaux semi-circulaires ou les fibres opposées de l'encéphale, les mouvements impétueux éclatent." In ihnen hat eine besondere Kraft ihren Sitz — force modératrice. Il y a *autant* de forces modératrices distinctes qu'il y a de mouvements opposés possibles. Daher wohnt jedem Bogengang und jedem Bündel des Kleinhirns eine besondere regulierende Kraft inne, die die Bewegung nach vorn, nach hinten, von rechts nach links und von links nach rechts regelt. L'effet *excitateur.*"

Jede Affektion des Nervensystems führt zu einer Muskelaktion.

„L'effet *régulateur* émane du cervelet."

„L'effet *modérateur* réside enfin tout à la fois et dans les canaux *semi-circulaires*, et dans les *fibres opposées* de l'encéphale."

solchen Annahme kaum etwas gewonnen. In *einem* Punkte pflichtet G. der Annahme Flourens' bei: „Flourens ist nämlich der Überzeugung, dafs sich die vielerwähnten Erscheinungen nimmermehr erklären lassen durch Störungen in der Funktion der eigentlichen Gehörsnerven, sondern er glaubt annehmen zu müssen, dafs das achte Nervenpaar aufser den genannten Sinnesnervenfasern noch andere eigentümliche Nervenfasern enthält."

Einwand **Bornhardts** gegen **Flourens** (1875).

l. c. p. 12. Man kann nicht umhin zu bemerken, dafs die Annahme einer mäfsigenden Eigenschaft der Bogengänge zum mindesten willkürlich erscheint. Wir sehen keine Notwendigkeit, anzunehmen, dafs die irregulären Bewegungen, die unmittelbar nach der Durchschneidung der Bogengänge wahrgenommen werden, auch dem normalen Tier eigen sind; dafs sie infolge einer hemmenden Thätigkeit der Bogengänge und der Kleinhirnschenkel in bestimmten Grenzen gehalten werden. Daraus, dafs unmittelbar nach der Durchschneidung gewisse Bewegungsstörungen auftreten, folgt noch nicht, dafs diese Bewegungen dem Organismus innewohnen, wie Flourens dies annimmt.

Hypothetische Erklärung von **Goltz** (1870).

Zur Erhaltung des Gleichgewichts ist, wie wir oben (S. 416) gesehen haben, notwendig, dafs das Tier stets eine ungetrübte Vorstellung von der Haltung seines Kopfes habe.

Dieser Umstand läfst die Existenz eines *speziellen Organs* vermuten, das die Bewegungen des Kopfes und durch dessen Vermittelung auch des ganzen Körpers reguliert.

Zur Erhaltung des Gleichgewichts ist das regelmäfsige Funktionieren der folgenden drei Teile erforderlich:

1. des Centralorgans,
2. gewisser hirnwärtsleitender Nervenfasern sammt Endorganen und
3. gewisser Bewegungsnerven nebst ihren Endapparaten.

Ein Frosch, bei dem die Hemisphären zerstört sind, bewegt sich nicht von der Stelle. Aber auf eine schiefe Ebene gesetzt, kriecht das Tier dieselbe hinan. Demnach liegt das Centralorgan, das die Bewegungen zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts koordiniert, nicht in den Hemisphären des Gehirns, sondern weiter nach hinten (beim Frosche in den Vierhügeln, lobi optici). Damit aber das Centrum funktionieren kann, ist die Unversehrtheit derjenigen Organe notwendig, welche den Eindruck von den centripetalen Nerven empfangen und ihn dem Centrum übermitteln, sowie der centrifugalen Nerven und der den Körper im Gleichgewicht haltenden Muskeln. Es bedarf der Beschädigung nur eines dieser Faktoren, damit die Regelmäfsigkeit der Bewegungen gestört werde. So wird z. B. ein der Haut an den Extremitäten beraubtes Tier mit Mühe das Gleichgewicht behaupten, weil

durch jenen Eingriff die richtige Abschätzung der Stellung und der Bewegungen der Gliedmafsen fast unmöglich wird.

Schwerlich wird man auf den Gedanken kommen, dafs nach Durchschneidung der Gehörsnerven die Erhaltung des Gleichgewichts gefährdet werde. Und dennoch ist es so.

Bei vorsichtigem Vorgehen kann man die Durchschneidung des Hörnerven, ohne hierbei das Gehirn zu verletzen, ausführen.

Weitere Versuche lehren, dafs die Zerstörung des Gehörorgans beim Frosch auf beiden Seiten die Erhaltung des Gleichgewichts ebenso beeinträchtigt wie Durchschneidung der betreffenden Nerven. (Über die Experimente an den Bogengängen der Taube siehe oben.)

Auf welche Weise sollen die bekannten Vorgänge nach Verletzung der Bogengänge erklärt werden?

Man könnte daran denken, dafs durch den Eingriff auf reflektorischem Wege Störungen in der Blutbewegung innerhalb gewisser Hirnpartieen eingeleitet werden, welche die Funktion dieser Hirnteile benachteiligen — von einer Verletzung des Kleinhirns kann keine Rede sein. Solche reflektorische Vorgänge können naturgemäfs nur von gewisser beschränkter Dauer sein, während in unserem Falle die beschriebenen Erscheinungen Monate und Jahre sich beobachten lassen.

Auch reflektorische Lähmung der Nervencentren ist ausgeschlossen. Gegen die Annahme, dafs die Erscheinungen durch pathologische Prozesse im Gehirn hervorgerufen werden, spricht der Umstand, dafs die Störungen *sofort* nach der Verletzung beginnen.

Es bleiben nur zwei Möglichkeiten für die Erklärung übrig. Die erste ist die, dafs Verletzung der Bogengänge die centripetalen Nerven *reizt* und auf diese Weise reflektorische Bewegungen auslöst; als solche kann man diejenigen auffassen, welche sofort nach der Operation auftreten. Aber eine solche Erklärung lassen die anormalen Bewegungen, die lange Zeit hindurch nach dem Vernarben der Wunde beobachtet werden, nicht zu. Daher mufs man in diesen Fällen eine zweite Möglichkeit bei der Verletzung eines Nerven in Betracht ziehen, nämlich die Lähmung seiner Funktion. Welcher Nerv wird nun bei der Zerstörung der Bogengänge verletzt werden? Durchschneidung der Empfindungsfasern der Haut bleibt auf das Gleichgewicht ohne Einflufs. Dasselbe ist bei der Verwundung der knöchernen Kanäle der Fall. Erst die Verletzung der membranösen Kanäle ruft die rätselhaften Störungen hervor. In ihnen sind bisher keine Nerven nachgewiesen. Die Bogengänge stellen daher Endapparate der Nervenausbreitungen in den Ampullen vor. Somit wäre die Zerstörung der membranösen halbkreisförmigen Kanäle gleichbedeutend mit einer Lähmung der Funktionen der Vorhofsnerven, welche nach der herrschenden Ansicht in Verbindung mit den übrigen Ästen zur Aufnahme der Gehörseindrücke dienen.

Lähmung seiner Funktion würde also nichts anderes sein als teilweiser Verlust des Gehörs. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Verlust des Gehörs und einer Störung des Gleichgewichts ist indessen nicht aufzufinden, wie uns die tägliche Erfahrung zeigt.

„Sonach müssen im inneren Ohr noch Endigungen eines anderen Nerven von eigentümlicher Funktion vorhanden sein."

Sobald das Tier nicht im stande ist, seine Bewegungen zu koordinieren, tritt die *Empfindung des Schwindels* auf, der seinerseits zu einer ganzen Reihe von Bewegungsstörungen führt.

Aus den angeführten Gründen mufs man einem Teil des Hörnerven noch eine andere Funktion zuschreiben. Wir sind um so berechtigter dieses zu thun, als die Annahme, dafs der Acusticus nur die Gehörfunktion verrichtet, eine Hypothese ist, die einer faktischen Grundlage entbehrt. Man mufs somit zu folgender neuen Hypothese schreiten (l. c. p. 187):

„Ob die Bogengänge Gehörorgan sind, bleibt dahingestellt. Aufserdem aber bilden sie eine Vorrichtung, welche der Erhaltung des Gleichgewichts dient. Sie sind sozusagen *Sinnesorgane* für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers."

Goltz schliefst seine Abhandlung mit folgenden Worten:

„Indem ich hier meine Abhandlung ende, brauche ich kaum zu bemerken, dafs ich weit entfernt bin von dem Wahne, eine abgeschlossene Wahrheit gefunden zu haben."

Einwand **J. Blochs** gegen **Goltz** (1873).

l. c. p. 28. Einen Hauptbeweis für die Richtigkeit seiner Hypothese sieht Goltz in der Thatsache, dafs diese Erscheinungen lange Zeit nach dem Vernarben der Wunde dauern, und dieses schliefst seiner Meinung nach jede Möglichkeit des Vorhandenseins eines vom Augenblicke der Operation an ununterbrochen fortdauernden Reizes aus. Aber es fragt sich, ob die äufsere Narbe die Möglichkeit eines dahinter steckenden pathologischen Prozesses ausschliefsen, oder ob sie nicht selbst die Ursache des Reizes sein kann.

Ferner sagt Goltz, dafs mit dem Ausfliefsen der Lymphe das Gehirn ein Mittel verliert, welches allein im stande ist, letzterem die Eindrücke der verschiedenen Kopfhaltungen zu übermitteln; hieraus folgt, dafs das wichtigste Moment bei der Operation die Durchschneidung des membranösen Kanals ist, wogegen uns Goltz selbst vom Gegenteil überzeugt: anstatt sich mit der einfachen Durchschneidung eines einzigen Bogenganges zu begnügen, zerstört er die Kanäle auf beiden Seiten des Kopfes.

Goltz nimmt weiter an, dafs die nach der Durchschneidung auftretenden Erscheinungen die Folgen einer Lähmung und nicht einer Reizung sind. In Übereinstimmung damit müfsten nach Durchschneidung eines horizontalen Bogenganges Oscillationsbewegungen von oben nach unten auftreten, da die Bewegungen von rechts nach links durch die Durchschneidung paralysiert sind.

p. 30. „Wir sagten oben, dafs die zweite Funktion, die Goltz dem nervus acusticus zuschreibt, in der Hauptsache darauf begründet wird, dafs nach der Durchschneidung der Bogengänge keine Beeinträchtigung des Gehörs eintritt, und dafs die Erscheinungen lange Zeit fortdauern, nachdem die äufsere Wunde vernarbt ist. In betreff des letzteren sagten wir bereits, dafs die äufsere Narbe uns ganz und gar nicht davon überzeugt, dafs pathologische Prozesse sich hinter ihr nicht abspielen. Was die erste Annahme anlangt, so sind die Thatsachen, auf denen Goltz dieselbe basiert, meiner Meinung nach nicht beweisend. Wenn bei ruhig gewordenen Tauben, die Goltz durch eine in einem Schirme befindliche Öffnung beobachtete, sich plötzlich sonderbare Bewegungen einstellten, wenn er in die Hände klatschte, so beweist dieser Umstand eigentlich nur, dafs der n. acusticus stark gereizt war, da auch bei unseren Versuchen das geringste Geräusch im stande war, die erwähnten Bewegungen bei Tauben hervorzurufen. Andrerseits hatten wir oft Gelegenheit zu beobachten, dafs auf nicht operierte Tauben der stärkste Lärm keinen Eindruck machte; die Taube pflegte nur den Kopf zu wenden, um zu erfahren, woher der Lärm käme."

„Es ist folglich klar, dafs das Gehörorgan selbst bisweilen die Ursache für das Auftreten der sonderbaren Bewegungen ist; in welcher Beziehung aber diese Erscheinungen zum Gehörorgan stehen, wage ich jetzt noch nicht zu erklären."

Einwand **Bornhardts** gegen **Goltz** (1875).

l. c. p. 29. „Der Gedankengang von Goltz ist sehr scharfsinnig, erweist aber bei näherer Betrachtung einige Lücken. Wie man sieht, fafst Goltz die nach der Durchschneidung eines Bogenganges auftretenden Bewegungen als eine Folge der Reizung, die nach der Heilung der Wunde zurückbleibenden als eine Folge der Lähmung auf. Thatsächlich aber sind diese Bewegungen genau dieselben; folglich würden der Theorie von Goltz zufolge Reizung und Lähmung der Nerven dieselbe Wirkung ausüben. Die Existenz der Reizung nur aus dem Grunde zu leugnen, weil die Wunde zuheilte, wie es Goltz thut, ist auch kaum angängig, da aus der Pathologie bekannt ist, dafs z. B. in Narben sensible Nerven einige Jahre und sogar Jahrzehnte hindurch beständige Schmerzen hervorrufen können. Wie wir früher gesehen haben, rufen Reizung und Lähmung der Ampullarnerven ganz entgegengesetzte Bewegungen hervor." (S. die Beobachtungen Bornhardts S. 295.)

p. 32. „So sagt Goltz, dafs die Lähmung eines Nerven unregelmäfsige Kopfbewegungen hervorruft, als deren Folge Schwindelgefühl auftritt. Und zum Schlusse führt er beim Beweise des oben Ausgesprochenen die Thatsache an, dafs die Reizung eines (man mufs annehmen, desselben) Nerven Schwindel hervorruft."

Ich citiere hier seine eigenen Worte:

p. 185. „Wir sind daher zur Erklärung dieser abnormen Bewegungen (des Kopfes) auf die zweite Folge der Verletzung eines Nerven hingewiesen; nämlich auf die Lähmung seiner Funktion."

p. 188. „Aus der Unfähigkeit, die Bewegungen dem Zweck anzupassen, entsteht dann das Schwindelgefühl."

p. 192. „Infolge der Einspritzung wird hier also ein Nerv *erregt*, der im stande ist, durch Fortleitung der Erregung im Gehirn Schwindelgefühl zu erregen."

„Aus diesen Zeilen ersehen wir, dafs Goltz sich selbst darüber nicht klar war, durch welchen Zustand des Nerven die beobachteten Bewegungs-

störungen verursacht werden; dies war auch zu erwarten, da die von ihm für die Existenz einer Lähmung des n. vestibuli angeführten Thatsachen, wie wir früher bemerkt haben, lange nicht überzeugend sind."

Einwand **E. Bertholds** gegen **Goltz** (1874).

l. c. p. 90. „Es scheint mir aber auch nicht möglich, die Bogengänge als ein Sinnesorgan zu betrachten. Durch die Sinnesorgane werden Empfindungen vermittelt, welche zu Wahrnehmungen und zur Bildung von Vorstellungen führen. Nach unserer bisherigen Auffassung ist aber bei den höheren Tierklassen die Thätigkeit des Grofshirns zur Bildung von Vorstellungen erforderlich. Wie GOLTZ nun angibt, hat schon FLOURENS auch bei enthirnten Tauben die beschriebenen Erscheinungen nach Verletzung der Bogengänge gesehen. Ebenso treten sie in der Chloroformnarkose, wo die Thätigkeit des Grofshirns aufgehoben wird, ein. Es steht somit fest, dafs das Bewufstsein bei diesen Bewegungen keine Rolle spielt."

Einwand **Breuers** gegen **Berthold** (1875).

„Ist der Tastsinn kein Sinn, weil auch enthirnte Tauben auf Tastsinnreize reagieren, zum Beispiel trinken, wenn man sie mit den Füfsen in kaltes Wasser stellt? Im Gegenteil, jeder Sinnesnerv löst sozusagen auf dem Wege zum Organe des Bewufstseins Reflexe aus, die beim Ausfall des Bewufstseins fortbestehen können und selbst vom bewufsten Willen oft nicht unterdrückt werden können."

Einwand von **Tomaszewicz** (1877).

Wenn die Durchschneidung eines Bogenganges auch nur mäfsigen Schwindel nach sich zöge, so ist es sonderbar, dafs sich die Taube, freigelassen, in gerader Richtung vorwärts bewegt und intendierte, auch objektiv begründete Bewegungen ausführt.

Bei einseitiger Durchschneidung an Kaninchen wurde einige Male einseitiger Nystagmus auf der operierten Seite mit nachfolgender Augendrehung auf der verletzten Seite nach unten, auf der gesunden nach oben beobachtet. Wäre dieser Nystagmus durch Schwindelempfindung verursacht, so müfste er nach dem Gesetz der gleichnamigen Innervation auf beiden Augen gleichzeitig auftreten. Die abnorme Stellung der bulbi wird man auch schwerlich als kompensierende auffassen.

Trotz der angeführten Beobachtungen will T. durchaus nicht das zeitweise Vorhandensein von Schwindel bei operierten Tieren völlig leugnen. Die ganze Frage läuft darauf hinaus, ob nicht die Schwindelanfälle wie beim Menschen durch Reizzustände des Gehirns und der Meningen und durch kräftig anhaltende Pendelbewegungen des Kopfes erzeugt werden können. (Die Unrichtigkeit dieser Ansicht ist schon früher bewiesen worden. Ref.) Endlich können die durch Reizung der Ampullennerven hervorgerufenen Empfindungen, auch ohne Drehempfindungen zu sein, die Tiere schwindlig machen und sogar die Richtung der Bewegungen beeinflussen.

Annahme **Hasses** (1873).

H. nimmt an, dafs die Ganglienzellen, in denen der Hörnerv endigt, nicht nur zur Umsetzung der Gehöreindrücke in Gehörempfindungen, sondern auch zur Fortleitung der Impulse zu den die Erhaltung des Gleichgewichts bedingenden centralen Organen bestimmt sind. In dem Augenblick, wo das ganze Gehörorgan oder ein Teil desselben zerstört wird, tritt völliger oder teilweiser Ausfall der Funktion des Centralorganes des Gehörnerven ein.*)

Annahme **Curschmanns** (1874).

C. erklärt die Flourensschen Erscheinungen durch den Verlust der Fähigkeit, die *Muskelbewegungen zu akkommodieren* (Funktionsausfall), und nicht durch Reizung eines Nerven, auch nicht des Hörnerven.

---

*) Hasse, p. 64: „Ich glaube aber, dafs wir nicht absolut genötigt sind, dem häutigen Gehörorgane selbst eine Rolle als Träger des Vermögens der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes zuzuteilen, wofür auch der Umstand von vornherein spricht, dafs aufser dem spezifischen Sinnesnerven, dem acusticus, dessen Funktion ausschliefslich durch meine, wie ich glaube, reine Resultate gebende Zerstörungsmethode aufgehoben wird (siehe Abschn. üb. d. Experimentalmeth.), kein anderer Nerv sich aus dem Bereiche der medulla oblongata an demselben verbreitet. Mir ist deshalb der Gedanke an eine andere Möglichkeit gekommen, die ich hiermit auf die Gefahr hin, dafs mir das schöne ne sutor ultra crepidam entgegengerufen wird, vorzubringen wage, um so mehr, weil ihr nicht jegliche anatomische Basis fehlt. Ich glaube, man dürfte daran denken, dafs die Ganglienzellen der Centralorgane, aus denen die Fasern des acusticus in der medulla oblongata entspringen, nicht allein dazu bestimmt sind, den Nervenvorgang des Gehörnerven in Gehörempfindung umzusetzen, sondern auch durch ihre Verbindungen mit denjenigen Centralorganen, die das Bedingende der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes sind, als wichtige Teile dieser selben mit anzusehen sind. In dem Augenblicke nun, wo ein Teil des Gehörorganes oder das ganze zerstört wird, wird entweder das ganze oder ein Teil des Centralorganes des acusticus aufser Funktion gesetzt, und es würde dann damit ein Teil der Centralorgane, die für das Aufrechterhalten des Gleichgewichts notwendig sind, aufser Funktion treten und somit eine Störung des Vermögens bedingen. Mag dem nun sein, wie ihm wolle, die Anatomie gibt keine Anhaltspunkte dafür, dafs das Gehörorgan selber mit seinen Nervenendapparaten eine andere Funktion habe, als die, die Schallbewegung in Nervenbewegung des acusticus umzusetzen und dadurch die Gehörempfindung im Centralorgane auszulösen, wohl aber dafür, dafs jede Faser des acusticus, ohne sich mit anderen zu verbinden und somit isoliert seine Erregung leitend zuerst in eine Ganglienzelle sich einsenkt, die dann wieder centralwärts einen Fortsatz ausschickt, der möglicherweise im Gehirne wieder einen gesonderten Centralapparat besitzt, so dafs jede für sich eine Empfindung vermitteln kann, wie ich das im ganzen Verlaufe meiner Darstellung festgehalten habe. Die Ampullen, der recessus utriculi vermitteln dabei die durch die Knochenleitung hervorgerufene einfache Gehörempfindung, während der sacculus Vermittler der durch die Bewegungen des besonderen Schallzuleitungsapparates hervorgerufenen einfachen Gehörempfindung ist und die Schnecke dagegen wenigstens bei den höheren Tieren vorzugsweise, um nicht zu sagen ausschliefslich, den Tonempfindungen dient."

Aufser dieser Annahme und dem Schwächerwerden der Extremitäten führt C. keine weiteren Beweise für die von ihm ausgesprochene Ansicht an.*)

Beobachtung **Cyons** (1878).

Von mancher Seite ist zu Gunsten der Hemmungstheorie folgende Beobachtung CYONS angeführt. Nach Entfernung aller 6 Bogengänge konnte die Taube nach 10—15 Tagen sich wieder fortbewegen. „In diesem Stadium ist es besonders interessant, sie zu beobachten: der allgemeine Eindruck, den die Taube macht, erinnert an ein Tier, das eben gehen, stehen oder andere Bewegungen ausführen lernt.

„Während des Erlernens der Bewegungen bedarf die Taube der Mitwirkung aller Sinnesorgane, besonders des Gesichtsorgans."

„Man braucht ihr nur mittels eines kleinen über den Kopf gestreiften Säckchens die Augen zu verhüllen, damit sie sofort aller Erfolge ihres Neulernens verlustig geht: sie fällt in den Zustand zurück, in dem sie sich einige Tage nach der Operation befand."

Bemerkung **Bechterews** (1882).

Von dem ungünstigen Einflufs der Ausschaltung von Gesichtsempfindungen auf die Bewegungsstörungen konnte sich auch BECHTEREW an Hunden überzeugen.

„Vom Gesichtspunkte der Reizungstheorie," sagt er, „ist diese Thatsache schwer zu erklären, während sie sich nach der Hemmungstheorie auf ganz natürliche Weise erklärt, da wir aus der Pathologie des Menschen nicht wenige Beispiele kennen, in denen der Mangel eines Sinnesorganes bis zu einem gewissen Grade durch die Thätigkeit der intakt bleibenden ähnlichen Organe ausgeglichen wird."

Erklärung von **Delage** (1887).

Eine Erklärung der geschilderten Erscheinungen bei Crustaceen mufs mit grofser Vorsicht gegeben werden, obwohl durch die Versuche

*) CURSCHMANN (1874).

„Bei allen an den Versuchstieren beobachteten Störungen des Gleichgewichtes handelt es sich nicht etwa um motorische Lähmungen oder krampfhafte Zustände, sondern stets um die Resultate *von Störungen in der Akkommodation der Muskelbewegungen.* Die Folgen dieser Akkommodations-Beeinträchtigung sind eben jene Erscheinungen, die wir bei den Versuchstieren als „Schwindel" bezeichnet finden."

„Nur das läfst sich noch sicher über die Natur der Erscheinungen sagen: sie sind die Folge eines *Funktionsausfalles* (C. brauchte zuerst dieses Wort), nicht solche eines Reizes, namentlich auch nicht eines spezifischen des acusticus."

„Eine umfassende Theorie des Mechanismus, nach welchem die Halbcirkelkanäle im Falle der Verletzung oder Erkrankung den geschilderten Einflufs äufsern, vermag ich nicht zu geben. Die bis dahin in dieser Richtung aufgestellten Hypothesen sind nach meiner Meinung nicht haltbar (warum?!). Besonders scheint es mir daher vorläufig ungerechtfertigt, die Kanäle als eine Art von „Sinnesorgane" für das Gleichgewicht anzusehen."

mit Sicherheit konstatiert ist, dafs nach Zerstörung der Gehörbläschen Bewegungsstörungen auftreten.

Folgende Frage mufs zunächst beantwortet werden: Ist die Gleichgewichtsstörung durch den *Reizungszustand* des Nerven des Gehörbläschens oder durch *Lähmung* desselben bedingt?

1. Eine Reihe von stürmischen, schnell vorübergehenden Symptomen, die sofort nach der Operation auftreten, mufs als Folge traumatischer Nervenreizung angesehen werden. Dies gilt jedoch nicht von den späteren, konsekutiven Erscheinungen, welche konstant sind. Sie verschwinden nicht nur nicht, sondern nehmen nicht einmal ab, trotz des völligen Vernarbens der Wunde, der Regeneration der exstirpierten Teile und des Intaktseins der allgemeinen Funktionen (der regelmäfsigen Nahrungsaufnahme u. s. w.).

2. Einseitige Zerstörung des Bläschens bleibt gewöhnlich fast ohne jede Wirkung. Dieses weist darauf hin, dafs die übrig bleibende Otocyste die Vernichtung der Funktion des andern analogen Organs ausgleicht. Nichts derartiges würde in dem Falle beobachtet werden, wenn die Erscheinungen der Bewegungsstörungen durch Reizung des übrig gebliebenen Nervenstranges ausgelöst würden.

3. Wären endlich alle Erscheinungen durch Reizung bedingt, so würde die Übernahme der Funktionen der zerstörten Bläschen durch andere Sinnesorgane fast bis zum völligen Verschwinden aller Krankheitssymptome ganz unbegreiflich sein.

Die Regelmäfsigkeit der Bewegung ist durch drei Sinnesorgane garantiert: durch das Gefühl, durch das Gesicht und durch noch einen besonderen Sinn, als dessen Träger die Otocyste erscheint. Indessen nicht allen diesen drei Sinnen kommt die Fähigkeit, die Koordination der Bewegungen zu regulieren, in gleichem Mafse zu. Die erste Stelle nimmt unter ihnen das Gehörbläschen ein, welches so als das spezielle Sinnesorgan erscheint. Die anderen Sinnesorgane können seine Funktion nicht völlig ersetzen. Bei gut entwickelten und beweglichen Augen, bei langsamem Gange und einer Menge accessorischer Hilfsmittel gelingt es dem Tier, bis zu einem gewissen Grade die Unregelmäfsigkeiten in den Bewegungen auszugleichen. Umgekehrt, bei schneller Lokomotion des Tieres, bei schmalem, langem Körper, kurzen Beinen und geringer Zahl accessorischer Hilfsmittel treten die Bewegungsstörungen mit besonderer Deutlichkeit auf. Bei Zerstörung dieser Teile, aber bei unversehrter Otocyste werden keine Störungen wahrgenommen. Man hat keinen Anhalt dafür, um den Verlust der Orientierungsfähigkeit durch gleichzeitige Vernichtung der Gehörfunktion, d. h. durch Taubheit zu erklären.

In anbetracht der angeführten Gründe sind wir berechtigt anzunehmen, dafs *die Erscheinungen der Gleichgewichtsstörung durch den Ausfall der Funktionen der Gehörbläschen bedingt sind.*

Einwand **Steiners** gegen **Delage** (1887).

Dafs mit dem Verlust zweier so wichtiger Organe, wie es die Augen und das Ohr sind, die Tiere das Orientierungsvermögen verlieren, ist ganz natürlich. Geblendete Wirbeltiere orientieren sich ganz gut (die Haie sehen bei Tage nichts). Aus den Versuchen an Crustaceen können wir nur eine Folgerung ziehen, nämlich, dafs der Chitinpanzer der Crustaceen weniger befähigt ist, äufsere Eindrücke aufzunehmen, als die weiche Haut der übrigen Tiere.

Ansicht **Ewalds** (1890).

Vor Ewald schlofs man auf Schwäche der Extremitäten nur aus dem Mangel an der ihnen eigenen Energie. E. suchte sich zuerst hiervon mittels des Dynamometers und durch Anhängen von Gewichten von verschiedener Schwere zu überzeugen. Es ergab sich, dafs die Extremitäten der verletzten Seiten schwächer arbeiten, als die der gesunden. Auf Grund dessen kommt E. zu dem Schlusse, dafs Verletzung der Bogengänge eine Schwächung der Funktion des Muskelsystems nach sich zieht (Ausfallserscheinung). Letzterer Umstand führt auf den übrigens schon lange auch von andern ausgesprochenen Gedanken, dafs die Bogengänge im Normalzustande kontinuierliche Impulse auf die quergestreifte Muskulatur (Tonuslabyrinth)*) ausüben. (Die Versuche s. S. 352).

II. Thatsachen und Gründe für und wider die Reizungstheorie.

Brown-Sequard erklärte zuerst die Bewegungsstörungen durch *Reizung des Hörnerven ohne jegliche Beteiligung von Gehörempfindungen.* Ihm schlofs sich Vulpian an; weitere Beweise für diese Ansicht gab Löwenberg (1871). Diesen Forschern schlossen sich Mach, Breuer, Cyon, Bornhardt, Spamer und andere an; sie halten die Durchschneidung der Bogengänge für dasjenige Moment, durch welches der Erregungszustand des Hörnerven verursacht wird. Zur Stütze der Reizungstheorie ist nachstehendes angeführt worden:

1. Die anormalen Bewegungen nach der Durchschneidung der Bogengänge sind rein reflektorischer Natur (Löwenberg).

2. Die krampfhaften Bewegungen des Kopfes, welche bei Berührung entstehen und unmittelbar nach der Durchschneidung auftreten, werden nach direkt entgegengesetzten Richtungen ausgeführt (Bornhardt).

---

*) Ansicht Rich. Ewalds (1892). Siehe Original.

Kap. XIII. A. Allgemeine Analyse der Störungen nach Exstirpation.

a. Ausfallserscheinungen.

b. Reizerscheinungen.

B. Die nach den Operationen am Labyrinth zu beobachtenden Störungen sind Ausfallserscheinungen.

C. Über den centralen Sitz der Labyrinthfunktionen.

3. Gegen einen Funktionsausfall spricht das schnelle, bisweilen sogar völlige Verschwinden aller Störungen unmittelbar nach einer Operation an den Bogengängen (Spamer 1880).

Bemerkung **Bechterews** ad 3 (1882).

Ein solches relativ rasches Schwächerwerden der Erscheinungen ist mit der Hemmungstheorie schwer in Einklang zu bringen, weil ein Aufhören von reflektorisch vermittelten normalen Empfindungen von beständigeren und dauernderen Erscheinungen begleitet sein müfste.

Die Bedeutung dieser Thatsache wird jedoch in erheblichem Mafse dadurch beeinträchtigt, dafs wir heutzutage von der Existenz auch anderer Organe wissen, die in funktioneller Beziehung den Bogengängen ganz ähnlich sind; es sind dies die graue centrale Substanz des 3. Ventrikels und die Oliven des verlängerten Marks.*) Die Abnahme der Bewegungsstörungen

*) Bechterew. Zur Physiologie des Körpergleichgewichts. Die Funktion der centralen grauen Substanz des 3. Gehirnventrikels. Kriegs-chirurgisches Journal. 1883. p. 187. (Russisch.)

B. kam auf Grund seiner Versuche zu dem Schlusse. „dafs die centrale Substanz des 3. Ventrikels an sich ein Organ darstellt, das zur Erhaltung des Körpergleichgewichts in einer ähnlichen Beziehung steht, wie sie bisher nur für die Bogengänge angenommen wurde und auch für die corpora olivaria der medulla oblongata angenommen werden mufs. . . . . Wir müssen annehmen, dafs die beiden Hälften der centralen Substanz des Ventrikels ebenso wie die Bogengänge im Normalzustande des Tieres eine beständige Quelle einer Erregung sind, die durch das Kleinhirn reflektorisch auf die nach den Muskeln verlaufenden motorischen Bahnen gelangt". „Die Erregung wird durch die Bewegung der den trichterförmigen Teil des Ventrikels ausfüllenden cerebrospinalen Flüssigkeit hervorgerufen. Jede Translation des Körpers im Raume und ebenso auch eine schnelle Neigung bezüglich der Vertikalaxe mufs von unvermeidlichen bestimmten Änderungen des Flüssigkeitsdruckes auf die Wand des Hohlraumes begleitet sein, ebenso wie sich der Druck des Wassers auf die Wand des Gefäfses ändert, wenn man dasselbe in schnelle Rotation nach der einen oder nach der anderen Richtung versetzt." (Dieses ist die etwas weiter unten entwickelte hydrostatische Theorie von Goltz. nur auf das Gehirn angewandt.) . . . Man mufs annehmen. „dafs das Gesichtsorgan in einer ähnlichen Beziehung zu der centralen Substanz des 3. Ventrikels steht, wie das Gehörorgan zu den Bogengängen. Übrigens wäre es falsch, anzunehmen. dafs die Funktion dieser beiden letzteren Organe von den entsprechenden Sinnesorganen völlig abhängig ist. Dieses geht bereits aus der Thatsache hervor, dafs vollständiger Verlust des Gehöres sowohl wie des Gesichts selbst bei Exstirpation beider Augäpfel bekanntlich keinen nennenswerten Einfluſs auf die Funktion der Körperbalance ausübt. . . . Wir müssen demnach annehmen, dafs sowohl die Bogengänge als auch die centrale Substanz des 3. Ventrikels eine gewisse Selbständigkeit der Funktion besitzen und die Funktion der Erhaltung des Gleichgewichts verrichten können *infolge endogener Erregung* (der Schwankungen im Flüssigkeitsdruck?), wenn auch beiderseits die von den betreffenden Sinnesorganen (dem Gehör- und Gesichtssinn) ausgehenden Impulse auf ihre Funktionen nicht ohne Einfluſs bleiben".

„Was die corpora olivaria der medulla oblongata anbetrifft. so sprechen im Gegensatz hierzu alle uns bekannten Thatsachen dafür, dafs diese Organe zu ihrer Funktion beständiger Impulse bedürfen, welche von der Oberfläche des Körpers

nach Zerstörung der Kanäle kann zum Teil auf die Weise erklärt werden, dafs mit Hilfe der beiden anderen intakt gebliebenen Organe das Tier bald lernt, sich im Gleichgewicht zu halten, und so die Störungen, welche eine Folge der Durchschneidung der Kanäle sind, korrigiert. Selbst die Störungen nach Vernichtung des centralen Gleichgewichtsorgans, des Kleinhirns, nehmen mit der Zeit ab und verschwinden schliefslich ganz, wenigstens bei Tauben.

Nichtsdestoweniger spricht die Schnelligkeit, mit der einige nach Zerstörung der Bogengänge auftretende Erscheinungen verschwinden, doch für die *Reizungstheorie*, da schwerlich anzunehmen ist, dafs in einem so kurzen Zeitraum die Wiederkehr der Bewegungen unter Beteiligung von Willensimpulsen seitens des Tieres oder infolge funktionellen Ersatzes der fehlenden Bogengänge durch andere bei der Erhaltung des Körpergleichgewichts eine Rolle spielenden Organe vor sich gehen kann.

4. Für eine ins Gewicht fallende Thatsache, die für die Reizungstheorie spricht, hält Spamer folgende Erscheinung, der fast alle Forscher mehrfach ihre Aufmerksamkeit zuwandten, diese nämlich: je stärker oder ausgedehnter die Verletzung oder die Reizung der Bogengänge ist, desto schärfer treten die unwillkürlichen Bewegungen auf.

Für die Richtigkeit der citierten Schlufsfolgerung sprechen alle Versuche mit mechanischen, thermischen, chemischen und galvanischen Reizen. Starker Blutergufs ist gleichfalls dem Auftreten der charakteristischen Bewegungen förderlich, wie wir bereits früher gesehen haben. Am stärksten wirkt Hitze auf die Bogengänge. Die exakt angestellten Experimente Breuers (S. 264, 266, 274) sprechen direkt zu Gunsten der Reizungstheorie.

5. Eine Reihe der mannigfachsten Bewegungen kann nur durch eine Reizung, der die Bogengänge ausgesetzt werden, erklärt werden (Spamer).

Als beweiskräftig kann folgender Versuch angesehen werden. Man durchschneidet auf der einen Seite einen, oder zwei Kanäle, oder exstirpiert Stücke aus ihnen. Darauf berührt man dieselben Kanäle der anderen Seite mit glühendem Metall. In diesem Fall beobachtet man entweder sofortige Verdrehung *nach der versengten Seite*, oder dieselbe tritt erst nach einigen Sekunden ein; allmählich fällt das Tier fast ganz nach dieser Seite über (Spamer).

7. Das Verdrehen und Senken des Kopfes äufsert sich am stärksten sogleich nach der Operation. Später können beide Erscheinungen verschwinden. Bei jeder psychischen Erregung des Tieres treten sie jedoch wieder auf. Dieses kann man sich nur durch einen in den Kanälen auftretenden Reiz erklären.

8. Die aufserordentliche Kraft, mit der die Tiere die Bewegungen ausführen (Bornhardt), sowie die ungewöhnliche Beharrlichkeit in der Einnahme eigentümlicher Stellungen in den Pausen zwischen den einzelnen Anfällen (Bechterew) spricht ebenfalls für die Reizungstheorie.

(Hautempfindungen) ausgehen und aller Wahrscheinlichkeit nach auch ihr *normaler Erreger* sind.“

9. Die meisten der unmittelbar nach Durchschneidung der Bogengänge oder des acusticus auftretenden Zwangsbewegungen haben genau den Charakter von Anfällen, was durch das Vorhandensein einer zeitweise auftretenden Reizung leichter als durch den Ausfall der Funktion des Organs erklärt werden kann (Bechterew, l. c.).

10. Nur die reflektorischen Bewegungen werden schnell und genau ausgeführt. Die Eindrücke, welche erst zu unserem Bewufstsein gelangen und sich dann in der einen, oder anderen Bewegung äufsern sollen, zeichnen sich immer durch Langsamkeit der Bewegung aus (Delage).

Erklärung von **Brown-Séquard** (1860).

Br.-S. erklärt die Gleichgewichtsstörung durch *Reizung* besonderer Sinnesfasern des *acusticus, unter Ausschlufs jeglicher normaler Gehörempfindungen.* Der acusticus vermag aufser den Gehörempfindungen auch noch andere zu vermitteln, die eben auf reflektorischem Wege die sonderbaren Drehbewegungen verursachen. Die Verletzung der Kanäle selbst spielt hier keine Rolle, da dieselben keine Nerven enthalten. Bei der Durchschneidung der membranösen Kanäle werden die Ampullen und die sich in ihnen ausbreitenden Zweige des n. vestibulus gezerrt.

Einwand von **Goltz** gegen **Brown-Séquard** (1870).

Die Erklärung von Br.-S. ist unbefriedigend, da sie uns keine Antwort auf die Frage gibt, weshalb die Strömungen fortdauern, nachdem die Wunden längst vernarbt sind, also von einer immerwährenden Nervenreizung füglich nicht die Rede sein kann. (Dafs auch die Narbe reizen kann, ist bereits oben erwähnt worden. S. den Einwand Blochs S. 429.)

Beobachtung **Löwenbergs** (1873).

1. Es soll entschieden werden, ob die Flourensschen Erscheinungen von einer Nerven*reizung* oder *-lähmung* abhängen. Wird bei einer Taube der rechte kleine Vertikalkanal mit einer Pincette zerquetscht, so beginnt das Tier mit dem Kopfe Bewegungen auszuführen und nach rechts zu fallen. Ein Stückchen Kochsalz,*) auf den freigelegten membranösen Kanal gelegt, modifiziert die Erscheinungen nicht. Ein Tropfen konzentrierter Kochsalzlösung verstärkt das Neigen des Kopfes, der etwas stärkere Schwingungen

---

*) Der Reizung der Kanäle mittels Elektrizität stellten sich grofse Schwierigkeiten entgegen, da die Tiere zur Beobachtung nicht fixiert werden konnten. Mit demselben Übelstande war auch die mechanische Reizung verknüpft. Deshalb gab L. chemischen Reizen, Kochsalz in Substanz und in konzentrierter Lösung, den Vorzug.

Berthold konnte die Versuche mit der Reizung mittels Kochsalzes nicht bestätigen. Andere Forscher kamen zu demselben negativen Resultat (S. 261). Die Möglichkeit elektrischer Reizung der Bogengänge ist von Breuer und anderen nachgewiesen worden. S. 267.

vollführt und sich mit der rechten Seite gegen die Wand zu stützen sucht. Folgerung: Die Ursache der bei Durchschneidung (richtiger bei Zerquetschung) der Bogengänge beobachteten Erscheinungen liegt in *der Reizung der membranösen Kanäle.*

2. Nun frägt es sich weiter: sind die durch Reizung peripherer Teile hervorgerufenen anormalen Bewegungen blofse reflektorische Störungen oder etwa eine Äufserung bewufst empfundenen Schmerzes?

Entfernung der Gehirnhemisphären vor oder nach der Durchschneidung der Kanäle beseitigte die Bewegungsstörungen nicht. (Demnach bestätigt L. die Beobachtungen FLOURENS' von 1861. Ref.) Hemisphärenlose Tauben zeigten die Eigentümlichkeit, dafs bei ihnen die Bewegungsstörungen kurze Zeit dauerten. Von neuem stellten sie sich nur beim Stofsen oder Schütteln des Tieres, sowie auch unmittelbar nach einer Bewegung ein.

Verletzung oder Exstirpation des Kleinhirns vor oder nach der Entfernung der Hemisphären gestaltete die Symptome nur komplizierter, ohne die FLOURENSschen Erscheinungen im geringsten zu unterdrücken. Durchschneidung bei chloroformierten Tauben lieferte dieselben Resultate wie nach der Entfernung der Hemisphären.*)

Analoge Erscheinungen wurden auch an Tauben während des Schlafes, als die Bewegungen nach Verletzung der Kanäle ganz aufgehört hatten, beobachtet; bei einem durch Lärm erweckten Tiere stellten sie sich sofort wieder ein.

Demnach trat trotz der Beseitigung des Schmerzes, der Bewufstlosigkeit des Tieres und der Unmöglichkeit, willkürliche Bewegungen auszuführen, die Gleichgewichtsstörung unmittelbar nach einer Verletzung der Kanäle auf. Hieraus kann man ersehen, dafs alle diese anormalen Bewegungen infolge von Reizung der membranösen Kanäle auftreten uud *reflektorischer Natur* sind. Es irrt sich FLOURENS also, wenn er alle diese Erscheinungen durch den Schmerz erklärt, den diese Tiere empfinden.*)

---

*) Man mufs minimale Dosen Chloroform anwenden, da die Tauben während der Narkose leicht daran zu Grunde gehen. Man hält an den Schnabel des Tieres ein mit Chloroform getränktes Schwämmchen. Bald sinkt der Kopf und die Taube wird unbeweglich.

Einwand **Bornhardts** gegen **Löwenberg** (1875).

l. c. p. 16. Hier zeigt es sich wieder, dafs LÖWENBERG derjenige Abschnitt des FLOURENSschen Buches unbekannt ist, in dem FL. das Auftreten gewisser Bewegungsstörungen einer Nervenlähmung zuschreibt.

l. c. p. 17. Aus der Beschreibung dieses Experiments sehen wir, dafs sich LÖWENBERG einer nicht vollkommen genauen operativen Methode bediente; er durchschnitt nämlich die Kanäle nicht, sondern zerquetschte sie; daher erhielt er wahrscheinlich Erscheinungen, die einer Verletzung des rechten horizontalen und nicht des kleinen vertikalen Kanales derselben Seite entsprechen. Bei Verletzung des letzteren hätten sich Kopfbewegungen von unten nach oben und umgekehrt, und Überkugeln des Rumpfes nach hinten ergeben müssen.

„Wie man sieht, ist das Stärkerwerden der Bewegungsstörungen, das anscheinend nach Betupfen der Bogengänge mit Kochsalzlösung auftrat, so unbestimmt geschildert, dafs die eben citierte Ansicht LÖWENBERGs nicht als bewiesen angesehen werden kann."

**) l. c. p. 15. BORNHARDT wirft LÖWENBERG vor, dafs er FLOURENS Behauptungen unterschiebe, welche dieser nie gethan habe. FLOURENS hat niemals gesagt,

Diese reflektorischen Bewegungen zeichnen sich bei normalen Tieren durch gröfsere Dauer aus, während sie bei bewufstlosen nur ab und zu auftreten. *)

3. Es erübrigt noch, die Übergangsstelle der Reizung von den sensiblen Nerven auf die motorischen zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden bei einer Taube die grofsen Hemisphären ganz entfernt. Darauf wurde die Durchschneidung der Bogengänge vorgenommen, welche eine Gleichgewichtsstörung verursachte. Zuletzt wurde auch das Kleinhirn weggeschnitten. Die anormalen Bewegungen setzten sich hier eine Zeitlang in schwächerem Grade fort und äufserten sich schliefslich in unbedeutenden Schwingungen des Kopfes. Bei einer auf die Diele gestellten Taube erneuerten sich die Bewegungen, wobei sich der Kopf mit dem Occiput gegen den Boden stemmte. Schliefslich sank mit der Entfernung der thalami optici der Kopf ganz herab. Das Tier ging bald zu Grunde.

Die Entfernung *einer* Hemisphäre und *eines* thalamus verhinderte das Auftreten der Bewegungsstörungen nicht, die erst mit der Entfernung der zweiten Hälfte des Hügels verschwanden.

---

dafs alle Störungserscheinungen durch den Schmerz verursacht würden, den das operierte Tier erleidet.

*) LÖWENBERG erklärt sich diese Erscheinung auf folgende Weise:

l. c. p. 8. In welcher Weise die Bewegungen des Tieres neue Reize verursachen können, ist leicht begreiflich: der geringste Bluterguſs, die geringste mechanische Erschütterung, sogar die blofse Berührung mit ungleichmäfsig erwärmter Luft genügt, um so zarte Organe in die stärkste Erregung zu versetzen. Für die Richtigkeit dieser Erklärung spricht auch der Umstand, dafs im bewufstlosen Zustande die Bewegungen längere Zeit dann dauern, wenn die Exstirpation der Kanäle mit starkem Bluterguſs verbunden war. Da hemisphärenlose Tiere stets zu laufen streben, so wird bei denselben ein beständiger Reiz in den Bogengängen ausgeübt. Auf diese Weise zieht jede Bewegung des Tieres eine Reizung der Bogengänge nach sich, die ihrerseits eine neue Bewegung hervorrufen müfste u. s. w. Indessen tritt nichts derartiges ein, da das Tier unmittelbar nach der Reizung bald zur Ruhe kommt. Dieser anscheinende Widerspruch verliert in Anbetracht folgender Gründe seine Bedeutung. Die heftigen, krampfartigen Bewegungen, die das Tier ausführt, führen zu der Erschöpfung sowohl der motorischen Nerven und ihrer Muskeln, als auch der geringsten Teile der membranösen Bogengänge. Diese Bewegungen können auch nicht beständig bei Tieren, die der Hemisphären nicht beraubt sind, andauern, da früher oder später Erschöpfung mit nachfolgender augenblicklicher Ruhepause eintritt. Der ganze Unterschied zwischen normalen und hemisphärenlosen Tauben besteht darin, dafs die ersteren, sobald sie sich ausgeruht haben, wieder willkürliche Bewegungen auszuführen beginnen, welche eine Reizung der Kanäle mit ihren Folgen verursachen, während die letzteren, sobald sie einmal ermüdet und zur Ruhe gekommen sind, unbeweglich auf ein und demselben Fleck bleiben, solange nicht ein äufserer Impuls auf sie einwirkt.

Mit dieser Erklärung LÖWENBERGs ist BORNHARDT einverstanden. „Mit einer solchen Erklärung des Unterschiedes in den auftretenden Erscheinungen mufs man gewifs einverstanden sein. Aber aufser der Ermüdung der Muskeln und Nerven hat in dem gegebenen Falle auch die Erschöpfung des Tieres infolge Blutverlust Bedeutung; ich habe vielfach beobachtet, dafs sofort nach der Entfernung der Hemisphären, besonders wenn der Blutverlust ein grofser gewesen war, die Kopfbewegungen ganz verschwinden und erst allmählich nach 2—3 Tagen ihre frühere Stärke wieder erlangen.“ l. c. p. 20.

Daher zeigen diese Versuche, dafs durch die Entfernung der thalami optici alle durch eine Verletzung der Bogengänge verursachten Bewegungen zum Stillstand gebracht werden.*)

Einwand **Bertholds** gegen **Löwenberg.**

Auf Grund der Experimente LÖWENBERGs kann man zu keinem sicheren Schlusse von der reflektorischen Natur der Bewegungsstörungen gelangen. Indessen trotz des Mangels direkter Beweise kann man die Zulässigkeit dieser Annahme nicht leugnen. Alle gegen diese Ansicht erhobenen Einwände sind leicht zu widerlegen. So behauptet z. B. CYON, dafs gegen den reflektorischen Charakter dieser Bewegungen ihr momentanes Auftreten und Verschwinden oder ihr völliges Fehlen bei einseitiger Durchschneidung spräche. CYON würde recht haben, wenn thatsächlich bei einseitiger Verletzung keine Störungen aufträten. Indessen ist dieses nicht der Fall.

Erklärung **E. Bertholds** (1874).

Bei unverletzten Bogengängen ruft jede Wendung des Kopfes einen Reiz in den Nerven der Ampullen wach. Von hier pflanzt sich derselbe nach dem die Koordination vermittelnden Centrum fort und löst *reflektorische* Bewegungen aus, die bei normalen Bogengängen stets mit den ausgeführten Bewegungen zusammenstimmen. Bei verletzten Organen werden die Nerven durch einen *anderen* (welchen?) Reiz erregt, welcher andere reflektorische Bewegungen auslöst, die mit den ausgeführten nicht harmonieren. Infolge dieses Widerspruches tritt Schwindel auf, der bei Tauben Verdrehen des Kopfes nach sich zieht. Derselbe Vorgang wird auch bei Verletzungen des Kleinhirns beobachtet.

Einwand **Breuers** gegen **Berthold** (1875).

Die von BERTHOLD gegebene Erklärung unterscheidet sich von der Hypothese von GOLTZ nur durch eine Umschreibung. Ebenso wie GOLTZ kommt auch BERTHOLD zu dem Schlusse, dafs die Bogengänge der Erhaltung des Gleichgewichts dienen.

III. Mischtheorie, welche die einen Erscheinungen durch Hemmung der Funktion der Bogengänge, die anderen durch Reizung derselben erklärt.

BORNHARDT sprach zuerst seine Ansicht dahin aus, dafs der eine Teil der anormalen Erscheinungen in der erhöhten Thätigkeit der ampullaren Nerven, während der andere in der Unthätigkeit derselben Apparate seinen Grund haben müsse. Das letztere ergäbe sich aus der beobachteten Muskelschwäche.

BECHTEREW erklärte die Sache etwas anders. Er ist der Ansicht, dafs „die Erscheinungen nach der Zerstörung von Bogengängen gleich-

*) LÖWENBERG „erwähnt die Funktionen der Bogengänge und ihre Bedeutung für den normalen Organismus gar nicht". (BORNHARDT.)

zeitig sowohl in dem Ausfall der Funktion der zerstörten, als auch in der dauernden Erregung der der Zerstörung nicht unterworfenen Bogengänge ihren Grund haben.“

„Diese Annahme einer Erregung der nicht verletzten Bogengänge verträgt sich nicht allein mit der allgemein angenommenen Auffassung, nach der im normalen Zustande des Tieres die halbkreisförmigen Kanäle eine beständige Quelle normaler, sog. „ampullarer“ Empfindungen sind (was nicht anders als im Sinne einer beständigen Erregung ihrer Funktion verstanden werden kann), sondern ergibt sich auch aus ihr als notwendige Folge.

„In der That, nehmen wir einmal an, dafs die halbkreisförmigen Kanäle im gewöhnlichen gesunden Zustande des Tieres beständig unter dem Einflusse eines Reizes stehen, der auf reflektorische Weise durch Vermittlung des Kleinhirns auf die motorischen Fasern übergeht und so zur Erhaltung der Körperbalance beiträgt, so ist es natürlich, dafs der motorische Effekt, der bei der Zerstörung dieser oder jener Kanäle (oder bei der Durchschneidung des acusticus) auftritt, gleichzeitig sowohl von dem Ausfall der Funktion der zerstörten, als auch von der normalen Erregung der unverletzten Kanäle abhängen mufs, die ohne Gegengewicht seitens der Erregung der der Zerstörung unterworfenen Kanäle bleibt. Umgekehrt mufs bei einer Reizung der Kanäle mittels elektrischen Stroms der beobachtete Effekt durch eine stärkere Erregung der gereizten Kanäle erklärt werden, die so zu sagen ein Übergewicht über die normale Erregung der übrigen Kanäle erlangt.

„Die in beiden Fällen auftretende Nichtübereinstimmung in den Empfindungen der Kanäle der einen und der andern Seite erreicht die Centren des Bewufstseins und ruft dabei eine Reaktion in Gestalt von Schwindel hervor, der seinerseits zu einer Verstärkung der eigentümlichen Bewegungsstörungen führt.

„Nur bei vollständiger Entfernung aller 6 membranösen Kanäle, z. B. bei Extraktion derselben, wie es Cyon that, oder bei doppelseitiger Durchschneidung des acusticus kann von irgend welcher Reizung der Bogengänge nicht die Rede sein, und es mufs folglich der motorische Effekt der Operation, der im gegebenen Falle ausschliefslich in einer Störung der Körperbalance besteht, dem völligen Ausfall der Funktion aller Kanäle entsprechen.

„Die soeben ausgesprochene Ansicht ermöglicht es nicht allein, die bisher bestehenden widerstreitenden Ansichten der Autoren hinsichtlich des Charakters der nach Zerstörung der Bogengänge auftretenden Erscheinungen miteinander in Einklang zu bringen, sondern sie erklärt uns auch vollständig diejenigen Thatsachen aus der Physiologie der Bogengänge, die nach den bisher allgemein angenommenen Auffassungen keine befriedigende Erklärung zuliefsen.

Zu der Zahl derartiger Thatsachen gehören die folgenden:

„1. Bekanntlich treten bei Extraktion aller membranösen Kanäle der einen Seite, sowie bei Durchschneidung eines acusticus Erscheinungen auf, die in keiner Weise nur durch den Ausfall der Funktion der operierten Kanäle erklärt werden können, sondern im Gegensatz hierzu ihrem Charakter und Verlauf nach, wie wir gesehen haben, eher einem Erregungszustande dieses Organs entsprechen. Aber von welcher Erregung können wir sprechen, wenn das einer Erregung fähige Organ selbst ganz entfernt, wie bei der Extraktion der membranösen Kanäle, oder von seinem Centrum getrennt worden ist, wie bei der Durchschneidung des acusticus?

„2. Eine andere bemerkenswerte, vom Standpunkte der herrschenden Theorieen aus nicht minder rätselhafte Thatsache ist die, dafs sowohl die rotatorischen Zwangsbewegungen, als auch die eigentümlichen Stellungen der Augen, des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten, die bei Zerstörung aller drei Kanäle der einen Seite oder bei einseitiger Durchschneidung des acusticus auftreten, sofort nach der Zerstörung der Kanäle der andern Seite oder nach der Durchschneidung des andern acusticus aufhören, wobei an dem Tier nur eine allgemeine Störung in der Körperbalance zurückbleibt. Dieses völlige Verschwinden der charakteristischen Erscheinungen im gegebenen Falle kann weder vom Standpunkte der Reizungs- noch der Hemmungstheorie erklärt werden, da wir weder in der Physiologie noch in der Pathologie des Nervensystems auch nur ein einziges Beispiel kennen, wo die durch Reizung oder Lähmung eines gewissen Organs der einen Seite hervorgerufenen Erscheinungen unter dem Einflusse einer Reizung oder einer Lähmung des nämlichen Organs der anderen Seite vollständig verschwinden könnten. Unserer Ansicht nach läfst sich das Verschwinden der genannten Erscheinungen bei der Zerstörung der Kanäle der anderen Seite oder bei der Durchschneidung des acusticus der anderen Seite ganz einfach durch die hierdurch herbeigeführte Aufhebung der normalen Erregungsquelle erklären. Wir sind der Meinung, dafs dieser normale Erreger die Hauptursache der erwähnten Erscheinungen ist, weil ihm kein antagonistischer Erreger (nach Zerstörung der Kanäle der einen Seite) entgegenwirkt. Die Störung in der Körperbalance, die bei doppelseitiger Durchschneidung des acusticus oder aller 6 Kanäle zurückbleibt, mufs nun, wie wir bereits gesagt haben, als Äufserung des völligen Ausfalles der Funktion der Kanäle gelten.*)

„Ebenso erklärt sich auch von unserem Standpunkte aus die Thatsache ganz einfach, dafs die Zwangsbewegungen nicht selten ziemlich andauernd und jedenfalls länger beobachtet werden, als noch Bedingungen für eine Reizung in der Wunde der durchschnittenen Kanäle vorhanden sein können, wenn eine solche auch thatsächlich stattfinden konnte.

„Überhaupt finde ich bis jetzt auch nicht eine einzige Thatsache aus der Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle, die mit der von uns ausgesprochenen Ansicht über die Entstehung der nach Zerstörung dieses Organs auftretenden Bewegungsstörungen nicht nur nicht zu vereinbaren wäre, sondern sich auch nicht als notwendige Folge aus derselben ergäbe.“ **)

---

*) „Die Thatsache, dafs nach doppelseitiger Durchschneidung des Hörnerven (und zwar wenn die erstere viel früher als die zweite ausgeführt wurde) kurze Zeit Ablenkung der Augen und eine Verdrehung des Kopfes und des Rumpfes bemerkt wird, erkläre ich durch den Umstand, dafs das Tier sich in dem Zeitraume zwischen der ersten und zweiten Operation bis zu einem gewissen Grade daran gewöhnt hat (?), die sofort nach der ersten Operation auftretende Störung in seinen Bewegungen zu korrigieren; infolgedessen ruft die Durchschneidung des Nerven auf der anderen Seite aufser allgemeinen Störungen in der Körperbalance in schwachem Grade auch Erscheinungen hervor, die einer einseitigen Durchschneidung des Hörnerven entsprechen.“

**) „Da die Zerstörung der verschiedenen Teile der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels und der corpora olivaria der medulla oblongata von ganz analogen Erscheinungen begleitet ist, und da die letzteren Organe ebenso wie die halbkreisförmigen Kanäle paarweise miteinander verbunden sind, so ist es selbstverständlich, dafs die von uns ausgesprochene Ansicht mit demselben Recht nicht nur für diejenigen Erscheinungen gelten mufs, die eine Folge der Durchschneidung der La-

Über die normalen Erreger der cristae ampullarum, der macula utriculi und der macula sacculi, sowie über die Funktion dieser Gebilde.

Wir haben höher oben jene Menge verschiedener Erscheinungen kennen gelernt, die durch einen Reizungs- oder Hemmungszustand der Vorhofsendapparate hervorgerufen werden. Hierauf haben wir den eventuellen Zusammenhang zwischen den einzelnen Symptomen besprochen. Die Frage von dem eigentlichen Wesen der im Labyrinth sich abspielenden Vorgänge haben wir jedoch nicht berührt. Auf Grund der angeführten Beobachtungen konnte man schon zum Schlufs gelangen, dafs die Bogengänge, der utriculus oder der sacculus als *gleichgewichtserhaltende* (*statische*) *Organe* selbständig, unabhängig von allen von aufsen auf sie einwirkenden Faktoren, nur infolge normalerweise in ihnen selbst vorhandener, oder entstehender Erreger funktionieren; ihre Nervenenden befinden sich demnach unter dem kontinuierlichen Einflufs irgend eines Erregers.

Nun tritt die Frage an uns heran, wo man diesen normalen Erreger suchen soll, und welcher Art derselbe wohl sein mag.

Der erste Teil der Frage liefse sich ziemlich leicht beantworten, da die Experimente uns ja gezeigt haben, dafs dieser Erreger an die cristae ampullarum und an die maculae des Vorhofs und des sacculus gebunden sein mufs. Schwieriger ist schon die Beantwortung des zweiten und wesentlicheren Teils der Frage, um so mehr als augenblicklich die Ansichten hinsichtlich dieses Erregers sehr auseinandergehen. Es gibt Autoren, welche denselben trotz allem in der Aufsenwelt suchen, während andere, und zwar die Mehrzahl, ihn in das Labyrinth versetzen.

Zur Erklärung der Entstehungsweise und des eigentlichen Wesens der im Labyrinth erzeugten Empfindungen hat man auf folgende normale Erreger hingewiesen: den Schall, die Endolymphe und die Otolithen. Jeder dieser Faktoren (oder eine Kombination derselben) hat zur Aufstellung eigenartiger, hypothetischer Erklärungen gedient.

Auf den Schall verwies man schon im frühesten Altertum als auf den spezifischen und einzigen Erreger des Ohres. Als aber dieser Erreger angesichts einer Menge neu ermittelter Thatsachen zum Verständnis mancher Erscheinungen nicht mehr ausreichte, ging man dazu über, dieselben auf den Druck und die Bewegung der Endolymphe zurückzuführen. Schliefslich sah man sich genötigt, für einzelne Erscheinungen den An-

---

byrinthgänge sind, sondern auch für diejenigen, welche nach einer Zerstörung der zwei übrigen Organe (der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels und der corpora olivaria der medulla oblongata), die zur Aufrechterhaltung der Körperbalance in Beziehung stehen, auftreten."

teil noch eines dritten Erregers, denjenigen der „Otolithen“ und der „Krystalle“ (Otoconie Breschet) hinzuzuziehen.

A. Der Schall als normaler Erreger.

Akustische Hypothesen.

Über das fernere Schicksal des Schalles nach seinem Eintritt in das Labyrinth sind sehr viele Ansichten vorhanden.*) Indessen gründen sie sich alle auf Mutmafsungen, auf die Gesetze der Akustik und auf Analogieen, aber auf keine einzige direkte Beobachtung. Die abschliefsende Antwort auf diese aufserordentlich schwierige und wichtige Frage wird uns, des Verfassers Meinung nach, erst die ferne Zukunft geben können, wenn wir über vollkommenere Apparate bei unseren Experimenten zur Bestimmung dieser molekularen Schwingungen verfügen. Vorläufig müssen wir uns mit wenigen Vermutungen zufrieden geben. Wir wollen uns auf die Aufzählung der Ansichten der neuesten Autoren beschränken, da die phantastischen Anschauungen der Alten schon im geschichtlichen Überblick dieses Buches angegeben sind. Ohne Zweifel verbreitet sich der Schall auch im Labyrinth nach denselben physikalischen Gesetzen, wie in der Aufsenwelt, nur haben wir es hier aufserdem mit subjektiven Empfindungen zu thun, welche wir vermittelst unserer Instrumente noch nicht zu ergründen vermögen. Allerdings ist gegenwärtig mit der Erfindung des Telephons durch Bell (15. Januar 1876) und des Phonographen durch Edison (31. Juli 1877) die Möglichkeit gegeben, den verwickelten Vorgang der Bildung von Lauteindrücken in dem Labyrinth einigermafsen zu entwirren, aber leider haben bis jetzt in dieser Richtung nur wenige Untersuchungen stattgefunden.

*) In neuester Zeit hat man genau so wie früher die akustischen Gesetze der Vibration auf die neu entdeckten mikroskopischen Bildungen angewendet. Auf diesem Gesetze beruht die ganze Funktion der Schnecke; man übertrug es auch auf die anderen Teile des Labyrinths. Als ein Beispiel derartiger Erklärungen kann folgende Betrachtung dienen.

C. Hasse. Der Bogenapparat der Vögel. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Taf. XXXVII u. XXXVIII. Bd. XVII. 4 H. p. 598—641. 26. August 1867. p. 641. „Ich will mich nicht damit aufhalten, auf Grund der anatomischen Thatsachen, weitläufige physiologische Hypothesen in betreff der Bedeutung des peri- und endolymphatischen Raumes des Bogenapparates und der physiologischen Dignität der einzelnen Teile, in denen der Nerv sich verbreitet, zu bauen. Es wäre das ein zum Teil unfruchtbares Unternehmen für mich, aber so viel darf ich aussprechen, gestützt auf die Identität der Nervenendigungen im ganzen Gehörapparat und deren Lagerung, wie ich es schon früher für die Schnecke gethan, dafs die Schwingungen der Härchen der Stäbchenzellen den Nervenvorgang auslösen und die Gehörempfindungen bewirken. Wesentlich auf zweierlei Weise werden sie in Bewegung gesetzt, entweder direkt durch die in der Endolymphe mittels des Steigbügels erregten Wellen, wie in den Ampullen, oder durch die auf die Otolithenmassen oder die membrana tectoria von der Endolymphe übertragenen Wellen.“

Ansicht **Autenrieths** (1802).

Wir haben schon (Seite 56) gesehen, dafs AUTENRIETH*) unsere Fähigkeit, die Richtung des Schalles zu bestimmen, mit der anatomischen Anordnung der Bogengänge nach drei Richtungen im Raume erklärt. Indem der Schall den einen oder den anderen Gang erregt, führt er zur Bildung von Vorstellungen über die im Raume vorhandenen Richtungen. Demgemäfs werden, nach der Meinung AUTENRIETHS, die Bogengänge nur durch den Schall erregt. Mit dem Erscheinen der FLOURENSschen Schrift geriet AUTENRIETH vollständig in Vergessenheit, und erst in neuester Zeit nahm W. PREYER (1887)[223]) die Frage wieder auf.

Ansicht **S. Jacksons** (1856)[224]) und **J. Malinins** (1866).[225])

JACKSON kam auf Grund theoretischer Erwägungen zu dem Schlusse, dafs die Bogengänge weder zur Verstärkung der Töne noch zur Bestimmung der Richtung dienen. Ihre Hauptaufgabe sei die Vernichtung der durch Reflexion in der Höhle des Labyrinths entstandenen Schallwellen. Demnach sollen die Bogengänge annähernd dieselbe Rolle wie das schwarze Pigment im Auge spielen.

MALININ bemühte sich, die Richtigkeit der vorgeführten Ansicht JACKSONS mit Hilfe einer Reihe von Annahmen nachzuweisen.

I. Den Vorhof kann man anatomisch als eine gemeinsame Kloake der halbkreisförmigen Kanäle (der Bogengänge) und des Kanales der Schnecke betrachten, zumal sein Querdurchmesser der Summe der Querdurchmesser jener Kanäle gleichkommt, physiologisch aber als den Mittelpunkt, von welchem die Schallwellen auf die Kanäle übergehen. In ihrer geometrischen Konstruktion sind die Bogengänge fast gleichförmig, indem sich ihre Gröfsenverhältnisse nur unwesentlich von einander unterscheiden. Nimmt man ein regelmäfsiges Sechseck mit je 4 mm Seitenlänge und zeichnet dazu den

---

*) Der Gedanke AUTENRIETHs wurde von neuem durch OGSTON als seine selbständige Meinung ausgesprochen.

ALEX. OGSTON. On the function of the semicircular canals of the internal Ear. 1869. Ref. Monatsschrift f. Ohrenheilkunde. 1870. Nr. 3, p. 43—45.

[223]) W. PREYER. Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittels der Bogengänge. Zum Teil nach Versuchen des Herrn Cand. d. Med. K. SCHÄFER. PFLÜGERs Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. 40. p. 586—622. 5 Holzschnitte u. Taf. IX mit 5 Fig.

[224]) S. JACKSON. On the functions of different parts of the internal Ear. The American Journal of med. Sc. April, p. 550—554. 1856. l. c.

Da es mir unmöglich war, das Original zu benutzen, bin ich aufser stande, die Erwägungen anzuführen, auf deren Grundlage J. seine Schlufsfolgerungen zog.

[225]) J. MALININ. Das innere Ohr in physiologischer Beziehung, p. 1—30. Dissertation Petersburg, 12. Mai 1866. (Russisch.) — Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1866. Nr. 43. — Zum Studium der Bogengänge des Gehörlabyrinths. Militär-ärztliches Journal. Teil II, p. 40—52. Mai 1868. (Russisch.)

inneren und äufseren regulären Kreis, so gibt der Kanal, welcher durch den Raum zwischen diesen beiden Kreisen gebildet wird, das Lumen und die Form der Bogengänge wieder. Der eingeschriebene Kreis oder die innere Wandung des Bogenganges entspricht $^5{}_6$ oder $^4{}_5$ eines regulären Kreises mit einem Radius von 3 mm. Der äufsere Kreis oder die äufsere Wandung des Bogenganges nähert sich infolge der Abweichung nach der Seite an den Eingängen um fast 1 mm der Gestalt eines segmentförmigen Ovals. Daher sind die Eingänge erheblich breiter als die Mitte, so dafs der Bogengang gewissermafsen aus zwei hohlen, gekrümmten Stumpfkegeln zusammengesetzt ist, welche sich mit ihren stumpfen Spitzen vereinigen. (Letzteres fand schon Du-Verney 1683.)*)

*) Erwiderung **von Steins** ad I.

Malinin glaubte berechtigt zu sein, die Reihe seiner Vermutungen als eine „Theorie, welche durch Versuche bestätigt ist und über eine sichere physiologische Erklärung verfügt", bezeichnen zu können. Vermutungen, welche auch nur auf die Bezeichnung einer Hypothese und noch nicht einer Theorie Anspruch erheben, müssen wenigstens die Mehrzahl der Erscheinungen befriedigend erklären und auf anatomische und physiologische Thatsachen, aber nicht auf Annahmen gegründet sein, welche der wirklichen Sachlage nicht immer entsprechen. Mit bloßen Annahmen kann man schliefslich alles beweisen.

Malinin hat jedenfalls die klassische Arbeit J. Hyrtls[78]) (1845) wenig beachtet.

a. Von wem und wann ist mit ziffermäfsigen Beweisen dargethan worden, dafs der Querdurchmesser des Vorhofs der Summe der Querdurchmesser der Bogengänge gleich ist?

b. Nur wenige Bogengänge sind kreisförmig gekrümmt, die Mehrzahl von ihnen gleicht vielmehr dem Abschnitt einer Ellipse oder Spirale. Bei einigen Tieren sind beide Formen kombiniert. Bei dem Menschen beschreiben die Gänge einen Bogen von mehr als 180°; der can. ext. bildet fast einen Kreis. Die Vierhänder der alten Welt, die Flattertiere, die Mehrzahl der Raubtiere und einige Wiederkäuer besitzen eine runde Form und einige Affen der neuen Welt eine elliptische. Bei Cetacea haben die Gänge die Gestalt sehr flacher Bogen. Bei Viverra, Zibetha und Ornithorrhynchus ist der can. sup. fast gar nicht gekrümmt. Bisweilen hat der Bogengang eine dreiekige Form mit abgerundeten Ecken, welche man eine parabolische nennen kann.

c. Die Bogengänge sind in ihrer ganzen Ausdehnung ungleichmäfsig breit. An einzelnen Stellen verbreitern sie sich allmählich. So ist der can. post. bei Castor in der Mitte doppelt so breit als das nichtampullenartige Ende. Die can. sup. und post. des Nilpferdes vergröfsern sich in überraschender Weise unmittelbar vor ihrer Vereinigung. Der can. sup. des Walrosses hat über der Ampulle die Breite von 1, aber auf dem entgegengesetzten Ende nur von $^1{}_2$ ‴. Der can. post. weist im jugendlichen Alter erhebliche Ungleichheiten auf.

d. Das Innere der Bogengänge wechselt genau ebenso. Der Querschnitt ergibt bei Barbirussa, Hystrix, Castor u. s. w., den Affen der neuen und der alten Welt, den Flattertieren, den Fleischfressern, den Einhufern, den Beuteltieren, den kleineren Arten der Dickhäuter einen Kreis. Bei dem Menschen und einigen Tieren geht der runde Querschnitt in der Mitte in die ovale Form über. Bisweilen stellt der Querschnitt eine lanzettförmige Spalte dar, bisweilen hat er die Form eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken.

II. Die Ebenen der Bogengänge sind fast ebene Flächen.*)

III. Das Verhältnis des ovalen Fensters zu den Bogengängen ist in physiologischer Beziehung äufserst wichtig.**)

Führen wir durch die ovale Öffnung in die Tiefe des Vorhofs senkrecht zu seiner Ebene eine Borste oder eine sehr feine Sonde ein, so nimmt letztere die Richtung zu den Bogengängen, aber sie gelangt in keine ihrer Öffnungen, sondern bleibt in der Mitte der konvexen Wandung zwischen den Einmündungen des oberen Bogenganges stehen. Ziehen wir zu diesem Widerstandspunkte der Sonde Linien von den Eingängen des oberen und des äufseren Bogenganges, so sind die gleichnamigen Linien, d. h. die von beiden Öffnungen ein und desselben Ganges gezogenen annähernd einander gleich und bilden mit dem eingelassenen Perpendikel (der Sonde) fast gleiche Winkel nach der einen oder anderen Seite desselben. Dagegen bilden die gleichnamigen Linien von dem hinteren Bogengange gleiche Winkel nur gegen eine Seite des hierbei noch verlängerten Perpendikels. Linien, welche von dem Widerstandspunkte durch das Centrum des äufseren und des oberen Bogenganges bis zu ihrer Durchschneidung in der Peripherie geführt werden, zerlegen diese Gänge in vollkommen gleiche Teile und ist hierbei die Linie zu dem oberen Bogengange die Verlängerung des durch das ovale Fenster eingelassenen Perpendikels. Ein Perpendikel aber, welcher von dem Widerstandspunkte zur Ebene des hinteren Bogenganges herabgelassen wird, geht zwischen beiden Eingängen desselben in völlig gleichem Abstande von jedem der letzteren. Wenn wir von dem Schnittpunkte dieses Perpendikels mit der Ebene des Bogenganges eine Linie durch dessen Centrum bis zur Peripherie ziehen, so zerlegt diese Linie den hinteren Bogengang ebenfalls in zwei gleiche Teile. Also verhalten sich die Öffnungen eines jeden Bogenganges zum Vorhofe vollständig gleichmäfsig, beide sind ganz gleichförmig, folglich tritt die Schall-

---

*) Erwiderung **von Steins** ad II.

Der gekrümmte Bogengang liegt nicht immer in einer Ebene. Bei dem Menschen sind die can. sup. und ext., bei dem Nilpferd der can. ext., bei Phoca annellata und hispida die can. ext. und post S-förmig gebogen. Bei Stenorrhynchus ist der can. ext. zweimal oder schlangenförmig gebogen. Bei allen Marsupialia beschreibt der can. post. eine Spirale.

) Erwiderung **von Steins ad III.

Die Zuverlässigkeit gewonnener Resultate ist ganz und gar von der angewendeten Methode abhängig. Es genügt daran zu erinnern, wie MALININ seine Messungen ausführte, um sich von ihrer vollständigen Fiktivität zu überzeugen. Eine feine Sonde oder ein Borstchen sind keine genauen mathematischen Instrumente, mit welchen man im stande ist, das Verhältnis der Teile in einem so komplizierten und kleinen Organ festzustellen, als welches das Gehörlabyrinth ist! Die Bestimmung der Winkel hat MALININ wohl mit bloſsem Auge festgestellt? Auf welche Weise MALININ, indem er durch die ovale Öffnung blickte, es fertig brachte, von den Öffnungen der Bogengänge aus ein ganzes System von Linien zu ziehen, bleibt sein Geheimnis. Auch darüber wird nichts mitgeteilt, an dem Schläfenbeine welchen Wesens diese Berechnungen zur Ausführung gelangten. Beziehen sich die letzteren nur auf die Labyrinthe bestimmter Tiere oder sollen sie für das Labyrinth aller lebenden Wesen Geltung haben?

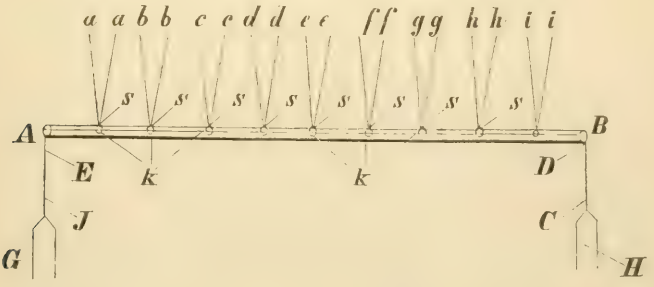
Diese kurzen Einwendungen dürften wohl hinreichen, um die Unzulänglichkeit der MALININschen Resultate zu beweisen.

welle in beide Öffnungen gleichmäfsig und dabei völlig gleichartig sowohl in Hinsicht auf den Ton, als auch auf Charakter und Spannung.

Dank der Abwesenheit von Nerven in den membranösen Kanälen können die in ihnen kombinierten Schallwellen nicht zu unserem Bewufstsein gelangen. Daher mufs man annehmen, dafs die Schallwellen hier irgend einem besonderen Schicksale unterliegen. Aber welchem Lose mögen wohl die Schallwellen in den Bogengängen bei ihrem Zusammentreffen verfallen? Um diese Frage zu beantworten, mufste man den Verlauf der Schallwellen in einem künstlich hergestellten Bogengange verfolgen.

Erster Versuch. Ein gerades Glasröhrchen A B (von 95 cm Länge, 5 mm Dicke mit einem Lumen von 2^1_2 mm im Durchschnitt), versehen mit 27 Seitenöffnungen s s (im Durchmesser von ungefähr 1^1_2 mm). Abstand zwischen den Öffnungen etwa 3 cm. Die Enden des Röhrchens sind mit Holzstöpseln geschlossen, welche den Zwirnsfaden C D E F durchlassen. An jedem Ende des letzteren hängt eine Stimmgabel (G und H) von verschiedenem Tone. In jeder Seitenwand sind vermittelst Holzpfropfen die Schlingen aus Zwirn aa, cc, dd u. s. w. befestigt, deren Enden über die Spitzen der Zeigefinger gelegt und so in die äufseren Gehörgänge eingeführt werden. Zu dem Versuch wird das ganze Röhrchen mit Wasser gefüllt und auf einem Gestell in wagerechte Lage gebracht. Indem wir die Stimmgabeln anschlagen und die Schlingen der Reihe nach in das Ohr einführen, finden wir schliefslich eine Öffnung, durch welche wir den Ton nicht mehr vernehmen.

Fig. 89.



Bei Tönen von gleicher Stärke werden wir an der Öffnung e e nichts hören. Bei geringer Verschiedenheit der Töne wird ein Übergewicht der Spannung bald dieser, bald jener Gabel hervortreten und dementsprechend auch der Ort der Begegnung der durch sie hervorgerufenen Schallwellen wechseln, welchen man an dem Mangel jeden Lautes erkennt.

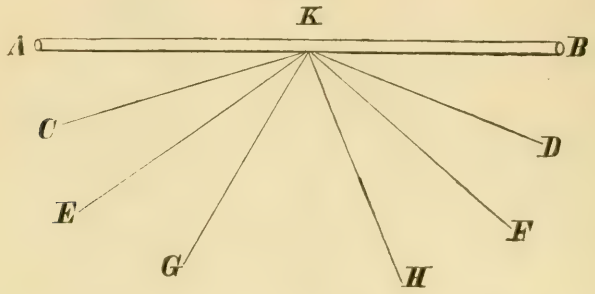
Zweiter Versuch, angestellt, um die Erscheinungen der Begegnung von Schallwellen unter gewissen Winkeln zu verfolgen.

Wenn wir das Röhrchen A B in der Mitte am Punkte K bis zu dem Winkel C K D umbiegen, so werden wir finden, dafs sich die Schallwellen bei ihrer Begegnung in K zu einem, wenn auch nur schwachen, gemeinsamen Laut vereinigen. Die Verschmelzung der Schallwellen, welche sich unter dem Winkel E K F treffen, wird wesentlich voller sein; bei dem Winkel G K H wird sie sehr deutlich und voll zum Ausdruck kommen.

Aus den angeführten Versuchen kann man vorläufig schliefsen: Schallwellen verschiedener Quellen, aber annähernd gleichmäfsiger Spannung fliefsen, wenn sie in genau entgegengesetzter Richtung aufeinanderstofsen, nicht in

einen gemeinsamen Ton zusammen; ihre Begegnung äufsert sich vielmehr in gänzlichem Mangel eines Tones, bei der Begegnung unter einem Winkel tritt aber eine Verschmelzung ein, und diese Verschmelzung pflegt um so volltönender und umfassender zu sein, je spitzer der Winkel der Begegnung ist.

Fig. 90.



Dritter Versuch. In dem halbkreisförmig gebogenen Röhrchen A B wird die Begegnung der Schallwellen ein gleiches Ergebnis liefern, nur wird diese Begegnung erst nach vielfacher Reflexion eintreten. Hier kann man statt der beiden Stimmgabeln G und H eine einzige L anwenden, welche in gleichmäfsigem Abstande von den Enden des Röhrchens hängt.

Fig. 91.

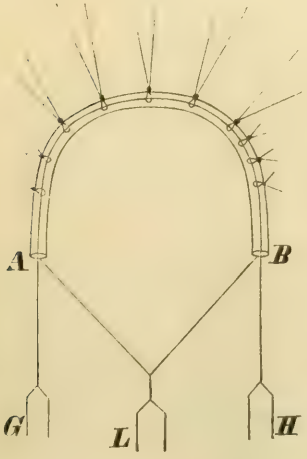
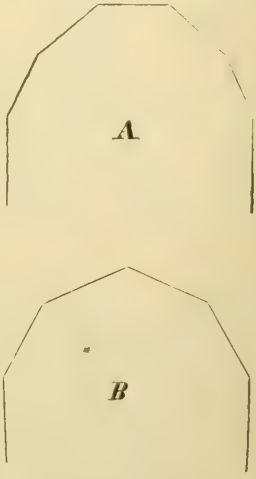


Fig. 92.



Vierter Versuch. Derselbe dient als Beweis, dafs die Abwesenheit des Tones bei Begegnung der Schallwellen (A) aus zwei vollkommen entgegengesetzten Richtungen auf ihrer gegenseitigen Vernichtung beruht, während bei der Begegnung unter einem Winkel (B) eine sehr vollkommene Verschmelzung der Schallwellen in einen gemeinsamen Ton stattfindet. Von der Richtigkeit dieser Schlüsse kann man sich mit Hilfe der Röhrchen A und B überzeugen, welche in der Form regelmäfsiger Vielecke gebogen sind.*)

*) l. c. p. 49. 1868. Die Versuche sind von MALININ ausgeführt und von SIETSCHE-

„In dem normalen Bogengange, welchen wir als einen regelmäfsigen vieleckigen Kanal betrachten, bestehend aus einer unendlichen Menge von Seiten, die unter sich unendliche „ad maximum“ stumpfe Winkel bilden, können wir die Begegnung der von den Wänden des Kanals reflektierten Schallwellen als aus zwei vollkommen entgegengesetzten Richtungen auffassen, durch welche die Schallwellen sich gegenseitig aufheben müssen; diese Aufhebung mufs ein gänzliches Verschwinden des Tones in der Mitte des Kanals zur Folge haben.“

„An der Hand der vorgeführten Beweise hielt ich mich (MALININ) für durchaus berechtigt, den endgültigen Schlufs zu ziehen, dafs die Aufgabe der Bogengänge in der Absorption der Schallwellen besteht, welche ihre Wirkung auf die Nervenenden in den Säckchen und Ampullen schon ausgeübt und keine weitere Bestimmung mehr haben. Deshalb entsprechen die Bogengänge in Bezug auf ihre Funktion dem schwarzen Pigment im Auge. Die Unentbehrlichkeit aber eines Absorptionsapparats in einem so zarten und feinen Organe, wie das Gehörorgan, ist einleuchtend. Bei dem Mangel eines solchen Apparates könnten die bereits thätig gewesenen Schallwellen nach ihrer Reflexion von neuem auf die Nervenendigungen einwirken, wodurch die Feinheit des Gehörs gefährdet würde, da sich die eindringenden mit den schon früher eingedrungenen und reflektierten Schallwellen kombinieren müfsten.“

(l. c. p. 26, 1866.) „Wenn es sich aber so verhält, wenn die Schallwelle in die Schnecke erheblich abgeschwächt eintritt, wenn folglich nur die Säckchen und Ampullen der Wirkung starker Wellen ausgesetzt sind, so ist es klar, dafs der Vorhof im Labyrinth eine äufserst wichtige und wesentliche Rolle spielt. Welche Bedeutung haben aber in dem Vorhof die membranösen Säckchen und die Ampullen und anderseits der REISNERsche Kanal in der Schnecke? Hierauf werden wir mit einer sehr einfachen (aber hinlänglich zuverlässigen? Ref.) Hypothese antworten: Da der Gehörnerv in den Gängen des Labyrinths in einem überaus feinen, sehr zarten Netze endigt (unrichtig!), so hat die Natur für ihn, als ein äufserst empfindliches Gewebe, ein besonderes sanftes Lager in Gestalt der erwähnten Säckchen und Ampullen eingerichtet, damit nämlich jenes Netz, welches auf die feinsten und zartesten Schallerregungen reagieren soll, gegen die unvermeidlichen, ziemlich heftigen Erschütterungen der Perilymphe bei der Bewegung des Steigbügels gesichert sei. Wozu sind aber zwei Säckchen aufser den Ampullen vorhanden? Zum Zweck der physiologischen Resonanz (wieder dieselbe, sehr einfache Hypothese! Ref.), d. h. damit die Schallwellen, welche durch Vermittelung der Otolithen und der Härchen in einem Säckchen auf die Nervenenden gewirkt haben, in das zweite Säckchen und in die Ampullen übergehen und schliefslich in den Gehirncentren, so zu sagen, eine gewisse Schallverkörperung erzeugen. In der Schnecke unterliegen die durch das runde Fenster in die scala tympani und von der Seite des Vorhofs in die scala vestibuli eingedrungenen Schallwellen als solche, welche bereits ihre Wirkung geäufsert haben, der gegenseitigen Aufhebung an der Spitze derselben.“

„Das Gehörorgan ist ganz analog dem Sehorgan eingerichtet. In dem einen wie in dem anderen können, wie ein einheitlicher Gegenstand oder

---

NOW und JAKUBOWITSCH wiederholt worden. Letztere haben übrigens eine Verantwortung für die physiologische Bedeutung der beobachteten Erscheinungen, d. h. für die Annahme, dafs genau analoge Erscheinungen auch in den Bogengängen des Ohres auftreten, nicht übernommen.

Farbenton, auch eine ganze Landschaft, wie der einfache Ton, so auch ein ganzes Tongemälde Raum finden. Es ist klar, dafs die Nerven des Vorhofs der macula lutea und die Schnecke der Netzhaut, welche die macula lutea umgibt, die Bogengänge aber und die Spitze der Schnecke dem schwarzen Pigment entsprechen.“*)

Erwiderung **M. Lawdowskys** (1874) gegen **Malinin.**

l. c. p. 261. MALININ, welcher den Versuch unternahm, die Anteilnahme der Schnecke und der membranösen Teile des Labyrinths an den Erscheinungen der Gehörsempfindung zu erklären, findet zwar in Übereinstimmung mit anderen Beobachtern eine grofse Analogie zwischen dem Gehörorgan und dem Sehorgan, nimmt aber an, dafs die Nerven des Vorhofs der macula lutea und die Nerven der Schnecke den peripheren Teilen der Netzhaut entsprechen; er spricht also gerade das Gegenteil meiner Ansicht aus. Leider beruht die Anschauung MALININS, wie alle seine übrigen Schlufsfolgerungen, ausschliefslich nur auf Erwägungen über den Gang der Schallwellen im Labyrinth; inwieweit sie aber mit der anatomischen Einrichtung des letzteren, namentlich seiner Endapparate in Einklang stehen, diesen Punkt liefs der genannte Autor unbeachtet, indem er die Frage von der Funktion dieser Apparate auch nicht im geringsten berührte. Sehen wir nun, zu welchen Ergebnissen ihn seine Erwägungen führten.

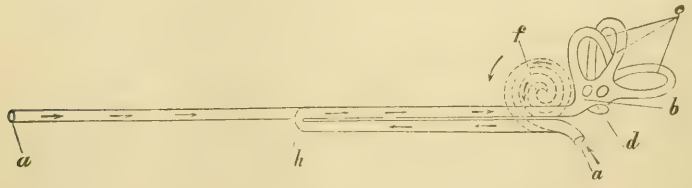
Der Vorhof nimmt nach seiner Meinung starke, die Schnecke schwache Erregungen wahr.

---

*) Schema des inneren Ohres.

Die Schnecke ist hier im aufgerollten Zustande dargestellt. Der eine Arm des Röhrchens bezeichnet die Vorhofskala, der andere die scala tympani.

Fig. 33 (nach MALININ).



BRÜCKNER (1888) 113) folgt der ganz unbeweisbaren Ansicht MALININS über die Gleichbedeutung der Funktion aller Bogengänge, sich dahin äufsernd, „dafs die drei Bogengänge einander einigermafsen gleichwertig sind, und ist die Frage, ob dieselben alle zugleich funktionieren, oder ob nur einer derselben zeitweise in Thätigkeit ist. Letzteres scheint der Fall zu sein und hat wohl der horizontale Bogengang für gewöhnlich die alleinige oder wenigstens die Hauptfunktion“. Bei dem Menschen ist der horizontale Bogengang der vollendetste, da er vollständig isoliert ist, während die vertikalen Gänge ein gemeinsames Glied haben.

Das Tier kann ohne drei Bogengänge auskommen. „Die Ausnahmen beweisen aber, dafs zwei oder ein Bogengang unter bestimmten Verhältnissen genügen (l. c. p. 295).“ Somit kann man in den Bogengängen nicht ein besonderes Organ für die Erhaltung des Gleichgewichts erblicken.

Weiter: die Bogengänge und die Spitze der Schnecke dienen zur Absorption der Schallwellen.

Die Reihe der Säckchen und membranösen Ampullen mit ihren Nervenendigungen und ebenso die fächerförmige Verzweigung der Schneckennerven sind dagegen für die physiologische Resonanz bestimmt.

Die erste Schlufsfolgerung gründet der Autor auf die nicht unwahrscheinliche Annahme, dafs die Schallwellen in die Schnecke nur mit abgeschwächter Kraft eintreten können. Was aber die zweite und dritte Schlufsfolgerung anlangt, so verweise ich den Leser auf die Gründe, welche zu ihnen geführt haben, und beschränke mich auf die Bemerkung, dafs, wenn auch die Behauptungen MALININs von der Aufgabe der Säckchen, der Ampullen und besonders der „fächerförmigen Verzweigung des Schneckennerven“ erwiesen wären, mit dieser Aufgabe doch immer noch ihre Rolle bei weitem nicht erschöpft sein kann. Dem Vergleich der Nerven des Vorhofs mit der macula lutea und der Nerven der Schnecke mit den peripheren Teilen der Netzhaut kann man aber ganz unmöglich beipflichten, da selbst eine Ähnlichkeit der Schneckenkuppe mit dem „Pigment der Netzhaut“ auch nur in dem Sinne, dafs in ersterer eine ebensolche Vernichtung der Schallbewegung, wie in dem Pigment diejenige der Lichtbewegung stattfindet, kaum zugestanden werden kann.

Entgegnung **von Steins** gegen **Malinin.**

Wie scharfsinnig auch die vorgeführten Versuche sein mögen, so kann man doch die Erscheinungen, welche in Glasröhrchen auftreten, nicht ohne weiteres auf die Bogengänge übertragen. Vielleicht geht etwas Ähnliches in den Bogengängen vor, aber auch nur „vielleicht“. Die Sache ist die, dafs MALININ nur eine Form des Bogenganges angenommen hat und zwar eine Bogenform mit rundem Querschnitt, die anderen Formen aber mit verschiedenartigem Querschnitt vollständig überging. Ob auch hier analoge Erscheinungen auftreten, ist durch keinen Versuch erprobt. Somit wollen wir den kategorischen Schlufs MALININs nur für Bogengänge von gerade so gedachter Einrichtung, wie sie in seiner Abhandlung auseinandergesetzt ist, gelten lassen. Überdies vergafs MALININ, nachdem er die Bogengänge mit zwei mit ihren abgestumpften Enden zusammengelegten gekrümmten Kegeln verglichen hatte, die Richtigkeit seiner Schlufsfolgerung an einem nach gleichem Muster eingerichteten Apparate zu erproben. Aufserdem liefs er den membranösen Kanal und die Art seiner Befestigung an den Knochenwänden aufser Betracht. So decken sich die Ansichten MALININs nicht im geringsten mit den vorhandenen Thatsachen. Mit ihnen kann man ebensowenig die eigentümlichen Unregelmäfsigkeiten der Bewegungen erklären, welche nach einer leichten Verletzung der Bogengänge beobachtet werden, wie die unverhältnismäfsige Entwickelung der letzteren bei einigen kleinen Tieren. Die Rolle der Schnecke und der anderen Teile des Labyrinths ist durchaus nicht aufgeklärt, da mit der schon in ältesten Zeiten aufgestellten Behauptung, dafs sie der Resonanz dienen, so gut wie nichts gesagt wird. Direkte Versuche am Labyrinth sind nicht durchgeführt.

Zur Vergleichung der Bogengänge und der Spitze der Schnecke mit dem schwarzen Pigment des Auges hat man vorläufig keinen Anhalt. Mit der oben vorgeführten Ansicht MALININs kann man das Auftreten der FLOURENSschen Erscheinungen durchaus nicht erklären.

Beobachtungen **Preyers** (1887)*) zu Gunsten der akustischen Hypothese.

Zweck dieser Arbeit ist, zu beweisen, dafs die Bogengänge (Ampullen) zur Bestimmung der Schallrichtung dienen. Hierbei werden jedoch häufig Fehler begangen:

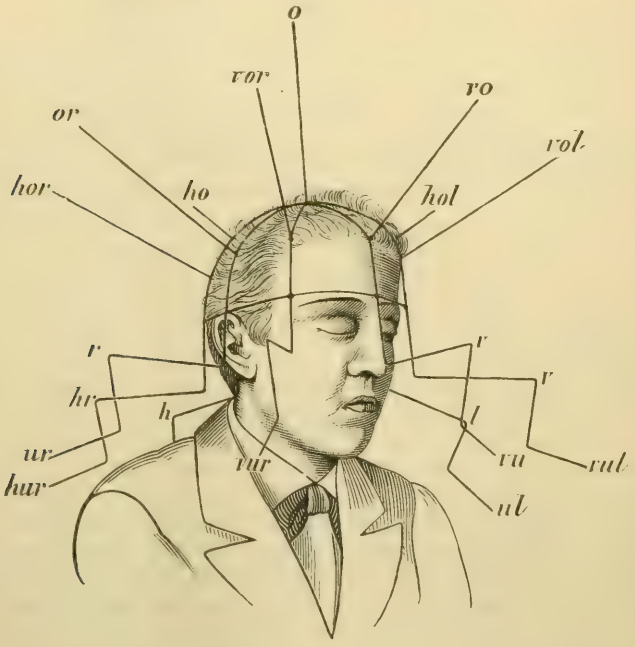
Die beim Menschen hochgradig ausgebildete Funktion zur Raumwahrnehmung und Orientierung wird nicht verwendet, weil das Gehör in anderer Hinsicht im Stich läfst, nämlich in betreff der Schall*richtungs*perception.

Aus welcher Richtung der Schallstrahl kommt, wird oft falsch beurteilt. Pr. und Schäfer suchten nun über diese Irrtümer der Gehörsurteile genauere und umfassendere Untersuchungen anzustellen.

Untersuchungsmethode:

Um einen Schall von möglichst immer derselben Intensität und Qualität erzeugen zu können, wurde als das geeignetste Instrument das Cri-Cri verwendet. Auch das Ticken des Telephons beim Öffnen und Schliefsen des Stromes von variabler Stärke wurde in einer besonderen Versuchsreihe angewendet. Beide Schallarten haben den Vorzug, dafs sie kurz dauern und in der geringen Entfernung vom Kopfe die Reflexion kaum merklich werden

Fig. 94 (nach Preyer).



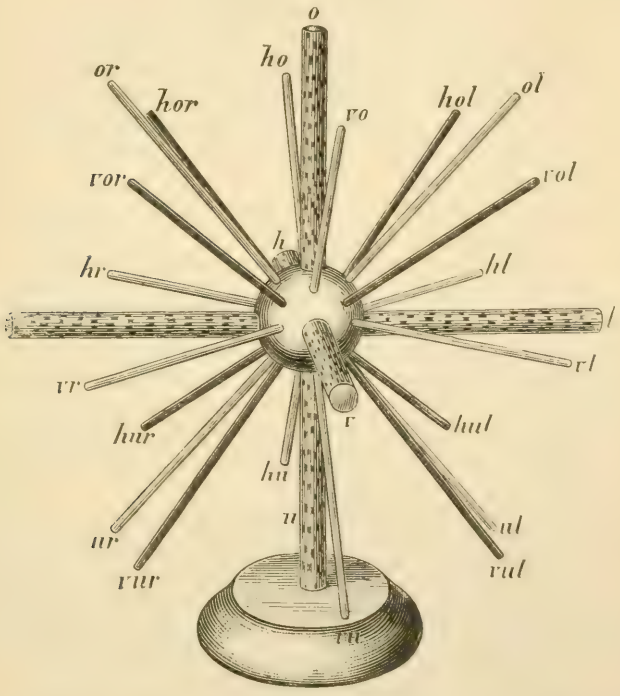
kann. Die Ausgangsstelle des Schalls wurde in möglichst gleichem Abstande von dem Mittelpunkte einer geraden Linie gewählt, welche beide Trommelfelle verbindet. (Diese Linie nannte Venturi (1800) die Gehöraxe.)

*) Preyer. Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittels der Bogengänge. Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie. Bd. 40 S. 586. 1887.

Um den Schall in möglichst immer gleichem Abstande hervorbringen zu können, setzte man eine „Schallhaube“ mit 26 Leitungen aus Draht auf den Kopf. Fig. 94. Um die Neigung der 13 Axen zu einander und ihre Ordnung jeden Augenblick gegenwärtig zu haben, wurde ein kleines Modell angefertigt (Fig. 95).

An diesem Modell waren die Axen erster, zweiter und dritter Gruppe (primäre, sekundäre und tertiäre Axen) von ungleicher Dicke und Stärke. Im ganzen gab es 13 Axen mit 26 verschiedenen Richtungen.

Fig. 95 (nach PREYER).



I. 6 Endpunkte dreier aufeinander senkrecht stehender Axen erster Gruppe: vorn r und hinten h in der sagittalen Axe, oben o und unten u bezeichnen die Vertikalaxe, rechts r und links l bestimmen die Quer- oder Frontalaxe.

II. 12 Endpunkte von 6 Axen zweiter Gruppe, von welchen je 2 in aufeinander senkrecht stehenden Ebenen belegen sind und sich unter rechten Winkeln schneiden.

a) Für die Sagittal- oder Medianebene: vorn — oben $r\,o$ und hinten — unten $h\,u$, vorn — unten $r\,u$ und hinten — oben $h\,o$.

b) Für die Transversal- oder Frontalebene: oben — rechts $o\,r$ und unten — links $u\,l$, unten — rechts $u\,r$ und oben — links $o\,l$.

c) Für die Horizontalebene: vorn — rechts $r\,r$, hinten — links $h\,l$, vorn — links $v\,l$ und hinten — rechts $h\,r$.

III. 8 Endpunkte von 4 Axen dritter Gruppe (tertiäre Axen), von welchen je 3 zu den Axen zweiter Gruppe (sekundäre Axen) senkrecht stehen.

a) vorn — oben — rechts *vor*, hinten — unten — links *hul*,
b) vorn — oben — links *vol*, hinten — unten — rechts *hur*,
c) hinten — oben — rechts *hor*, vorn — unten — links *vul*,
d) hinten — oben — links *hol*, vorn — unten — rechts *vur*.

Da hier 26 Richtungen beteiligt sind, so könnten *theoretisch* Verwechslungen in der Angabe der Schallrichtung $26^2 - 26 = 650$ möglich sein. Trotzdem ist dies nicht der Fall. Es kommen im Gegenteil auffallend wenig Verwechslungen vor bei normalen Beobachtern und offenen Ohren.

A. Versuche an Menschen mit vollkommen normalem Gehör bei geschlossenen Augen lieferten folgende Ergebnisse:

1. Kein normaler Beobachter verlegt den Schall, welcher von der linken Seite kommt, in die rechte Hälfte des Kopfes und umgekehrt.

2. Kein aufmerksamer normaler Beobachter verlegt den Schall, welcher die linke oder rechte Kopfhälfte trifft, in die Medianebene.

3. Kein aufmerksamer normaler Beobachter verlegt den Schall, welcher einen beliebigen Punkt der Medianperipherie des Kopfes trifft, in die linke oder rechte Hälfte des Kopfes.

In der ganzen Masse der Beobachtungen ergaben sich Verwechselungen der Schallrichtung, deren Häufigkeit und Art von Pr. tabellarisch zusammengestellt wird. Dieselben hier anzuführen, würde unsere Aufgabe überschreiten.

Auf Grund vieler Beobachtungen kommt Preyer ungeachtet der hierbei möglichen Fehler zu dem von Autenrieth a priori ausgesprochenen Schlufs, dafs jeder Bogengang am stärksten *bei Schallrichtungen in seiner Ebene erregt wird*, weil hierbei die geringsten Verwechslungen der Schallrichtung zu verzeichnen sind.*)

Dieser Schlufs soll nicht nur für die Fische gelten, bei welchen die Bogengänge zugleich auch als Gehörorgan dienen, sondern auch für die höher entwickelten Tiere und für den Menschen.

B. Die Bestimmung der Schallrichtung bei verschlossenen Ohren. Das Zustopfen der Ohren geschah mit dem Finger, nachdem die Gehörgänge zum Zweck der Entfernung der Luft aus denselben mit einer physiologischen Kochsalzlösung angefüllt worden waren. Zur Fernhaltung eines möglichen Einflusses der Ohrmuscheln werden ihre Unebenheiten mit Glaserkitt ausgefüllt und sie mit Glaserkitt an den Kopf gekittet. Infolge dieser Experimente gelangte Pr. zu folgenden Ergebnissen:

1. Die zuverlässige Bestimmung der Schallrichtung von rechts oder links ist nach Verstopfen der Ohren ausgeschlossen oder in bedeutendem Grade vermindert. Dies rührt von der Abschwächung oder dem Stillstande der Schwingungen der Stapesplatte her, welche in fast paralleler Ebene mit dem horizontalen Bogengang liegt, wie man sich hiervon an den Metallausgüssen des menschlichen Labyrinths Götzes überzeugen kann.

2. Die Verlegung der Schallrichtung aus der Medianebene nach rechts und links, von links und rechts in die Medianebene, sogar von links nach rechts und umgekehrt kommt zwar vor, wird aber gewöhnlich schnell korrigiert. Solche Verwechslungen kommen in derselben Weise auch beim Hören mit offenen Ohren vor.

3. Aber die Bestimmung der Schallrichtung ist nach Verstopfung der Ohren erschwert und das Urteil verzögert.

---

*) „Die spezifische Energie der Ampullennerven ist es, ein mit Schall verbundenes Raumgefühl zu geben und zwar ein Richtungsgefühl.“ Am stärksten ist sie bei der Schallrichtung in der Ebene des Bogengangs.

4. Die Anzahl genau richtiger Urteile der Schallrichtung ist bei fest verschlossenen Ohren bedeutend geringer als beim gewöhnlichen Hören in der Luft.

C. Die Bestimmung der Schallrichtung geschieht bei *einem* verschlossenen Ohre vorzugsweise nach der Seite des offenen Ohres hin.

D. Bestimmung der Schallrichtung nach Ausschluſs der Knochenleitung. PREYER kommt zu dem Schluſs, daſs die Knochenleitung bei dem Akt des Hörens eine groſse Rolle spielt und die Erkennung der Schallrichtung erleichtert. Die vollständige Ausschaltung der Knochenleitung erweist sich als eine keineswegs leichte Sache. Man erreicht sie durch stufenweise Abschwächung des Tones, so daſs derselbe schlieſslich nur mit ganz offenem Ohr gehört wird. Die Anzahl der falschen Bestimmungen nahm nun, nachdem auf diese Weise die Knochenleitung ausgeschaltet war, schnell zu und das Urteil über die Schallrichtung war sehr erschwert. (Ausgeschaltete Knochenleitung = ausgeschaltete Bogengänge. Ref.)

E. Einfluſs der Übung. Bei häufiger Übung wächst die Anzahl der genauen Bestimmungen.*)

Einwand **Breuers** (1890) gegen **Preyer.**

Gegen die Beobachtungen PREYERS sind von BREUER folgende wichtige Erwägungen erhoben:

1. Bei Luftleitung ändern die Schallwellen, gleichgültig woher sie kommen mögen, im Gehörgang ihre Richtung. Sie werden nämlich im Zuleitungsapparat vollständig gleichgerichtet werden. Hieraus folgt, daſs in Luftleitung zugeführte Schallwellen durch die Bogengänge nicht räumlich differenziert werden können.

2. Bezüglich der Knochenleitung nimmt PREYER stillschweigend an, daſs die Fortpflanzungsrichtung noch unverändert dieselbe sei, wie die der aufschlagenden longitudinalen Luftwellen. BR. glaubt nicht, daſs der angenommenen spezifischen Energie der Ampullennerven durch die physikalischen Verhältnisse der Schwingungszuleitung die Möglichkeit geboten ist, korrekt zu funktionieren; für die Knochen- ebensowenig wie für die Luftleitung.

3. Aber angenommen, im Felsenbein schritten die Schallwellen in derselben Richtung vor, wie sie auf den Schädel trafen, wird dann durch sie mehr lebendige Kraft auf die Endolymphe übertragen, wenn die Wellen die Ebene des Kanals senkrecht treffen, oder wenn sie ihr parallel sind? Wenn man z. B. einen drehrunden Halbreif aus Metall in der Sonnenstrahlung erwärmen will, so wird man besser thun, seine Ebene senkrecht auf die Sonnenstrahlen zu stellen, als parallel dazu. Ebenso muſs man annehmen, daſs mehr lebendige Kraft auf die Endolymphe übertragen wird, wenn die Richtung der Schallwellen senkrecht auf der Ebene der Bogengänge steht, als wenn sie derselben parallel ist, wiewohl hier vermöge der excentrischen Lage der membranösen Bogengänge einige andere Bedingungen gegeben sind.

4. Bei der Anordnung der Axen in seinem Modell hat PREYER der

---

*) FELIX ARNHEIM. Beiträge zur Theorie von Schallempfindungen mittels der Bogengänge. Inaug.-Diss. Jena. 1887. S. 1—45. Kommt zu demselben Resultat wie PREYER, ebenso: KARL SCHÄFER. Über die Wahrnehmung eigener passiver Bewegung durch den Muskelsinn. PFLÜGERs Archiv Bd. XLI, p. 567.

anatomischen Anordnung des Labyrinths nicht Rechnung getragen. Erstens ist der Vorhofsapparat nach rückwärts geneigt, und zweitens liegt die Ebene des horizontalen Kanals bei gerader Kopfhaltung nicht horizontal, wie PREYER annimmt, sondern sie ist um 45 ° nach hinten geneigt. Die Folge davon wäre eine wesentliche Veränderung der relativen Reizwerte, die man mit Berücksichtigung der wirklichen Lage des Labyrinths erhalten würde. Freilich läfst sich jeder Einfluſs des Schalls auf die Ampullen der Bogengänge mit Bestimmtheit nicht in Abrede stellen. Es ist nicht ausgeschlossen, dafs Vibrationen der Hörhaare in den Ampullen eine andere, aber eine verwandte Empfindung im Sensorium hervorbringen, wie ihre Beugung en masse durch den Stofs der bei der Rotation zurückbleibenden Endolymphe. „So regt jedes auffallende Bild, welches auf einer peripheren Netzhautstelle erscheint, reflektorisch jene Kombination von Augenmuskelinnervationen an, welche nötig waren, um dasselbe auf die Stelle deutlichsten Sehens zu bringen."

„Der Stofs der Endolymphe auf die Hörhaare der Ampullen bei passiver Rotation des Kopfes löst reflektorisch jene Kopf- und Augenbewegung aus, welche die Rotation kompensiert, und erzeugt zugleich die Empfindung der Rotation in bestimmter Ebene und Richtung; die in demselben Verhältnis auf die drei Ampullen verteilte Erregung der Hörhaare durch Schallschwingungen würde dieselbe Bewegungskombination und dieselbe Vorstellung einer Kopfdrehung anklingen lassen. Es wäre dies jene, welche nötig ist, um die Ohröffnung in die Richtung des percipierten Schalles zu bringen. Hierdurch würde der von der Schnecke gelieferten Schallempfindung ein Lokalzeichen beigefügt."

Bezüglich der Arbeit SCHÄFERS,*) in welcher versucht wird, die Ansichten PREYERS zu erhärten, mufs gesagt werden, dafs sie viele Irrtümer enthält.

Ansicht **Vulpians** (1866).

Die ganze Verschiedenartigkeit der Erscheinungen nach einer Durchschneidung der Bogengänge hat einen heftigen Gehörsschwindel zur Ursache, welcher durch Reizung des Vorhofsnerven erzeugt wird und seinen Einfluſs auf den ganzen Organismus erstreckt. Es ist allen wohlbekannt, dafs eine starke Reizung der Gehörnerven Ohrensausen veranlafst und dabei von einer heftigen plötzlichen Bewegung oder Schwindelempfindung begleitet wird.**)

Entgegnung von **Goltz** (1870) gegen **Vulpian.**

Bei näherer Betrachtung erweist sich die Erklärung VULPIANS als unbrauchbar. Die Annahme, dafs eine Durchschneidung der Bogengänge ab-

*) K. SCHÄFER. Über die Wahrnehmung eigener passiver Bewegungen durch den Muskelsinn. PFLÜGERs Archiv. Bd. XLI, p. 567.

**) p. 601. „Ces divers phénomènes paraissent bien avoir pour cause un *vertige auditif*, qui retentit sur tout l'organisme"... p. 602. „Du reste, vous n'aurez aucune peine à vous faire une idée de ces faits bizarres de vertige et de locomotion irrésistible, dus à des lésions de l'appareil auditif, en vous rappelant l'agacement produit par certains bruits, ou les brusques mouvements de sursaut provoqués par un bruit inattendu, ou bien encore la sensation de vertige déterminée par l'introduction de l'eau dans le fond de l'oreille externe."

norm verstärkte Gehörsempfindungen nach sich zieht, ist ohne jede Grundlage ausgesprochen und nicht anwendbar auf Fälle, in welchen bei dem Tiere die Wunden längst verheilt sind. Ist es möglich, dafs nach der Vernarbung diese Gehörsempfindungen monate- und jahrelang andauerten? Wie kann das Ohrensausen einen Einfluſs auf die Unregelmäſsigkeit der Bewegungen eines Schnabels ausüben? Kann man sich vorstellen, dafs die heftige Empfindung des Sausens den Kopf auch während des Schlafes in der Verdrehung zu erhalten vermag?

Die Versuche an Menschen zeigen, dafs bei unvorsichtiger Einspritzung in das Ohr ein Schwindel ohne die geringsten Spuren irgend welchen Sausens eintritt. In dem gegebenen Falle ist der Schwindel durch die Erregung eines besonderen Nerven hervorgerufen, durch dessen Vermittelung die Erregung dem Gehirn zugeführt wird und dort das Gefühl des Schwindels verursacht.

Erwiderung **Bornhardts** (1875).

l. c. p. 14. Diesen vollkommen richtigen Bemerkungen von Goltz kann folgendes hinzugefügt werden: Es ist schwer zu glauben, dafs die angenommene heftige Erregung nicht in kurzer Zeit eine Abschwächung des betreffenden Nerven herbeiführen sollte; zweitens stimmt auch der Umstand, dafs die der Operation unterworfenen Tiere nicht nur nicht das Gehör verlieren, sondern dem Anschein nach für den Schall noch empfänglicher werden, nicht mit der Ansicht Vulpians überein. Wenn das Tier beständig ein äuſserst heftiges Sausen vernimmt, wie kann es das geringste Geräusch unterscheiden, welches in gewisser Entfernung auftritt?

Erwägungen **Cyons** zu Gunsten der Ansicht **Vulpians.**

Cyon (1873) hält mit Vulpian einen heftigen Gehörsschwindel für die Ursache der unregelmäſsigen Bewegungen.

Mit der Durchschneidung der Bogengänge wird ein Erreger eingeführt, welcher den Kopf in eine anormale Haltung bringt. Welcher Art ist dieser Erreger? Am einfachsten ist die Annahme, dafs die Durchschneidung selbst oder der Eintritt der Luft die Nervenenden mechanisch reizt und zu den nachfolgenden Zuckungen, welche einen reflektorischen Charakter tragen, Veranlassung gibt. Aber dagegen spricht der Umstand, dafs diese Bewegungen vorübergehend sind, oder bei einseitiger Operation sogar völlig ausbleiben. Dieses Faktum entspricht nicht unseren Ansichten von dem Reflex, welcher auf mechanischem Wege erzeugt ist. Es gibt noch eine Möglichkeit der Erklärung, und zwar, dafs die Durchschneidung der membranösen Bogengänge eine ganze Reihe anormaler Gehörsempfindungen hervorruft, welche bei beiderseitiger Durchschneidung so heftig sind, dafs sie einen wirklichen Gehörsschwindel veranlassen, welcher auch als die Ursache der heftigen Kopfbewegungen erscheint. Dafs die einseitige Durchschneidung keine starken Bewegungsstörungen zur Folge hat, findet seine Erklärung in der Annahme, dafs die Funktion einer Seite zur Verhinderung des Gehörsschwindels genügt. Verhält sich die Sache in der That so, dann mufs man glauben, dafs die permanenten unbewufsten Empfindungen, welche im normalen Zustande in den Tieren eine Reihe unbewufster Vorstellungen von der Kopfhaltung erwecken, aller Wahrscheinlichkeit nach der Kategorie der Gehörsempfindungen zuzuzählen sind.

Dafür spricht auch die tägliche Erfahrung. Wenn wir im Gehen eine Marschmusik hören, so streben wir unwillkürlich in dem Tempo derselben zu schreiten. Kinder, welche niemals tanzen gelernt haben, machen Bewegungen, die mit dem Tempo der Tanzmusik übereinstimmen. Es ist ohne Anstrengungen nicht möglich, gleichmäfsig zwischen zwei Orchestern zu gehen, welche Stücke von verschiedenem Tempo spielen.

Hierdurch wird verständlich, dafs auch im Ohre eines operierten Tieres ein starkes Geräusch eine anormale Kopfhaltung veranlassen mufs. Die hierbei entstehenden unwillkürlichen Bewegungen müssen ihrerseits die Erregung der Gehörnerven noch erhöhen; dieser Umstand zieht eine Verstärkung der Bewegungen nach sich. Wenn der Gehörsschwindel sein Maximum erreicht, so zeigen sich im ganzen Organismus Zwangsbewegungen. Es darf uns nicht wundern, dafs bei Durchschneidung jedes Bogenganges eine gewisse Regelmäfsigkeit und typische Form der Bewegungen beobachtet wird, da jeder durch sein subjektives Sausen erregte Bogengang eine falsche Vorstellung von der Haltung des Kopfes wiedergibt.

Erwiderung **A. Böttchers** (1874, 19. Juni) gegen **Cyon.**

Cyon sagt nichts Neues. Seine oder vielmehr Soluchas Versuche haben kein neues Material zur Lösung der Frage von den Bogengängen geliefert. Eine selbständige Erklärung hat Cyon nicht geboten: wir sehen bei ihm eine Verschmelzung der Anschauungen von Goltz und Vulpian*).

Entgegnung **E. Bertholds** (1874) wider **Cyon.**

Die Unmöglichkeit, beim Spielen zweier Stücke von verschiedenem Tempo regelmäfsig zu gehen, spricht nicht im geringsten für die Ansicht Cyons, welcher nicht bewiesen hat, dafs die Tiere infolge von Verletzung der Bogengänge mehrere Schaliempfindungen von verschiedenem Rhythmus

*) l. c. p. 57. „Was CYON betrifft, so geht er bei seinen Deduktionen ebenso wie GOLTZ von der Kopfverdrehung aus, welche angeblich „bei der Zerstörung der Bogengänge am häufigsten“ eintritt. Seine operativen Eingriffe, oder vielmehr die des Hrn. SOLUCHA, sind also gleichfalls schwerer ausgefallen, als die Frage, was für Erscheinungen nach der Durchschneidung der Bogengänge folgen, überhaupt zuläfst.“

„Was die Schilderung der Symptome anlangt, so bringt CYON nichts Neues, und da sie ganz summarisch gehalten ist, bietet sie auch keine Beweismittel für die Entscheidung der Bogengangfrage in der einen oder andern Richtung. Die an dieselbe sich anschliefsenden Betrachtungen hätten ebenso gut an die Beobachtungen von FLOURENS, VULPIAN, GOLTZ, LÖWENBERG oder BLOCH geknüpft werden können. Dafs als konsekutive Erscheinungen Entzündungen und Erweichungsherde im Kleinhirn entstehen, war schon in der Dissertation von BLOCH konstatiert, in welcher auch die davon abhängigen Störungen von den Reitbahnbewegungen und Pendelbewegungen getrennt worden sind.

„Wir finden bei CYON eine Verschmelzung der Ansichten von GOLTZ und VULPIAN. Er läfst das Gleichgewichtsorgan gelten, aber ihm genügt nicht die Elimination desselben, um die Gleichgewichtsstörungen zu erklären. Es bedürfe hierzu noch durch abnorme Gehörsempfindungen entstehender Reizungen, zu deren Begründung die unwillkürlichen Bewegungen, welche von Kindern beim Aufspielen eines Walzers ausgeführt werden, mit helfen müssen.“

haben. Die Erfahrung zeigt, dafs unregelmäfsige Geräusche, wie z. B. das Brausen des Windes u. s. w., einen schwankenden Gang nicht verursachen. Aufserdem trifft man auch Kranke mit pendelartigen Kopfschwankungen, welche über subjektive Geräusche nicht klagen. Die letzteren tragen aber bei Menschen, wie wir wissen, gar nicht zur Feststellung der Kopfhaltung bei; woher soll es also bei den Tieren der Fall sein? Somit ist die Erklärung CYONs unbrauchbar.*)

Entgegnung **Machs** (1875) wider **Cyon.**

Die Erklärung anormaler Erscheinungen durch starke Gehörsempfindungen infolge Durchschneidung der Bogengänge wird ganz unwahrscheinlich, wenn man sich erinnert, dafs auch beim Drehschwindel analoge Erscheinungen ohne die geringsten Gehörsempfindungen beobachtet werden.**)

Entgegnung **Bornhardts** (1875) wider **Cyon.**

(l. c. p. 40.) Aus den mitgeteilten Auszügen ersehen wir, dafs CYON es nicht für möglich erachtet, einen reflektorischen Ursprung dieser Bewegungen anzunehmen, weil man bei der Durchschneidung eines Bogenganges keine Bewegungsstörungen oder nur solche von geringer Zeitdauer erzielt.

Bei seinen Versuchen erhielt B. nach einseitiger Durchschneidung eines Bogenganges bei Tauben und Kaninchen immer gewisse charakteristische Bewegungen, welche für einen und denselben Kanal immer dieselben blieben.

---

*) l. c. p. 91. „Die Richtigkeit dieser bekannten Thatsache (schwankender Gang, wenn unsere Gehörsnerven gleichzeitig durch zwei Musikstücke, welche ein ausgesprochenes, aber verschiedenes Tempo haben, erregt werden) kann aber nichts zum Beweise der Ansicht CYONs beitragen, denn er nimmt ja nicht an, dafs die Tiere infolge der Verletzung der häutigen Kanäle mehrere rhythmische Gehörsempfindungen mit verschiedenem Rhythmus, sondern eine Reihe heftiger und unregelmäfsiger (also doch wohl arhythmischer) Gehörsempfindungen erleiden. Unregelmäfsige Geräusche, wie das Brausen des Meeres, das Sausen des Windes, das Rauschen im Walde, verursachen aber, wie wir wissen, keinen schwankenden und unsichern Gang. Dann sprechen auch gegen CYONs Ansicht die Angaben der beiden Kranken, welche bei den Pendelbewegungen des Kopfes über subjektive Geräusche nicht zu klagen hatten. CYON scheut auch vor der Konsequenz seiner Theorie nicht zurück, indem er annimmt, „dafs auch diejenigen Empfindungen, welche bei Intaktheit der Bogengänge dazu dienen, das Tier über die Stellung seines Kopfes zu unterrichten, auch höchst wahrscheinlich Gehörsempfindungen sein müssen". Nun wissen wir aber, dafs bei den Menschen Gehörsempfindungen zur Kenntnis der Stellung des Kopfes nichts beitragen, es ist auch nicht abzusehen, woher es bei den Tieren der Fall sein soll. Sonach halte ich die Erklärung CYONs für unbrauchbar."

**) E. MACH.

l. c. p. 46. „Die Anschauungen, zu welchen CYON in seiner Arbeit gelangt, setzen sich aus jenen von GOLTZ und aus älteren Vorstellungen zusammen .... CYON hält die Störungen bei Durchschneidung der Bogengänge für Folgen anormaler Gehörsempfindungen. Letzteres wird man *sehr unwahrscheinlich* finden, wenn man bedenkt, dafs die beim Drehschwindel auftretenden ganz ähnlichen Phänomene keineswegs von Gehörsempfindungen begleitet sind."

Sie verloren sich, wenn auch nicht immer, erst am zweiten oder dritten Tage. Bewegungsstörungen, welche nach Durchschneidung eines Bogenganges auftraten, wurden schon von FLOURENS bemerkt und in allgemeinen Umrissen beschrieben. Schliefslich sind sie so ausgeprägt, dafs sie bei aufmerksamer und andauernder Beobachtung gar nicht übersehen werden können.

Auf Grund alles Gesagten sieht B. durchaus keine Notwendigkeit, den Gehörschwindel als die Ursache jener Bewegungsstörungen anzusehen, welche man nach der Durchschneidung von Bogengängen beobachtet.

Entgegnung **Breuers** (1875) wider **Cyon.**

CYON betrachtet die Gehörsempfindungen, welche noch dazu unbewufst sein sollen, ganz willkürlich als Erreger der Bogengänge. Eine derartige Annahme ist ganz unverständlich. Die Schlufsfolgerung, zu welcher CYON gelangt, ist nichts anderes als die willkürlich umgestaltete Hypothese von GOLTZ (l. c. p. 148).

Irrtümliche Annahme **Bornhardts** (1875) zu Gunsten der Ansicht **Vulpians.**

„Da der anatomische Bau der Bogengänge den Gedanken an irgend eine, wie auch immer beschaffene, progressive Bewegung der Endolymphe nicht zuläfst (siehe unten), so spricht vieles dafür, dafs sie die Bestimmung haben, sich Schwingungen zu unterziehen. In der That können einer derartigen Bestimmung der Bogengänge ihre unregelmäfsigen Krümmungen nicht widersprechen; im Gegenteil spricht die Unregelmäfsigkeit der Krümmung noch zu Gunsten unserer Vermutung, weil durch die Krümmungen der Teil, welcher die Schwingungen aufnimmt, noch gröfser wird. Auch darin finden wir nichts Widersprechendes, dafs der Kanalinhalt bei den Vögeln und insonderheit bei den Fischen gallertige Beschaffenheit hat.“ (Ist dem so? Ref.)

„Was aber eine solche Vermutung besonders wahrscheinlich macht, das sind die vollständig übereinstimmenden Formen der Endigungen der Ampullennerven und der Endigung des Schneckennerven (eine unrichtige Annahme. Ref.): die Nervenfäserchen breiten sich in den Epithelialgebilden mit langen fadenartigen Endigungen aus. Wenn nun ihre Form überall gleichmäfsig ist, so müssen wir annehmen, dafs sie auch zu denselben Funktionen bestimmt sind; wäre es ihre einzige Bestimmung, nur dem Druck zu unterliegen, so müfste man noch anderweitige Endigungen voraussetzen. Somit gelangen wir zu dem Schlusse, dafs die Erregung der Ampullennerven durch die Schwingungserschütterungen der Endolymphe erzeugt wird.

„Nun entsteht die Frage, wodurch diese Erschütterungen wohl hervorgerufen werden mögen?

„Wenden wir unsere Aufmerksamkeit der Lage dieser Kanäle zu, so werden wir sehen, dafs sie sich da befinden, wo die die Kopfbewegungen leitenden Muskeln inserieren; sie befinden sich entweder unmittelbar unter diesen Muskeln (Unrichtig! Ref.), von welchen sie nur durch ein dünnes Knochenplättchen getrennt werden, wie dies bei den Tauben, Kaninchen und anderen Tieren der Fall ist, oder sie liegen etwas tiefer, aber immer in demselben Knochen, an welchem die zur Wendung des Kopfes bestimmten Muskeln befestigt sind. So inserieren bei dem Menschen der m. sterno-cleido-mastoideus (der den Kopf beugende Muskel), m. splenius capitis und complexus minor (die den Kopf drehenden Muskeln) am Schläfenbein.

„Die Richtung der Muskelfasern fällt fast genau mit der Richtung der Bogengänge zusammen. (Ist dem so? Ref.)

„Während anhaltender Kontraktion eines bestimmten Muskels behält derselbe nicht immer dieselbe Länge, sondern erleidet eine Reihe schnell hintereinander folgender Verkürzungen und Verlängerungen. HELMHOLTZ gelang es festzustellen, wieviel Verkürzungen und Verlängerungen während der Kontraktion eines Muskels in einer Sekunde stattfinden; er hat auch gezeigt, dafs derartige schnell aufeinander folgende Muskelverkürzungen beim Tetanus einen deutlichen Ton von 130 Schwingungen in der Sekunde erzeugen.

„Zieht man das soeben Gesagte in Betracht, so wird es wahrscheinlich, dafs die eigentliche Aufgabe der Bogengänge in der Empfindung der Schwingungen besteht, welche dem Schneckennerven nicht zugänglich sind, und welche durch die Kontraktion der zur Wendung des Kopfes bestimmten Muskeln erzeugt werden.

„Wir können daher mit gutem Grund annehmen, dafs die Schwingungen, welche durch die Muskelkontraktion entstehen, als Erreger der Ampullennerven dienen. Sehen wir nun, ob sich durch eine solche Annahme die FLOURENSschen Erscheinungen erklären lassen.

„Wenn sich z. B. die zur Wendung des Kopfes nach links bestimmten Muskeln kontrahieren, so entstehen unserer Ansicht nach Schwingungen vorzugsweise in dem linken horizontalen Bogengange, und das Tier erhält die Empfindung dieser Wendung.

„Wenn wir z. B. die Nerven der linken Ampulle mechanisch reizen, so wird sich bei dem Tiere die Empfindung einer starken, schmerzhaften Kontraktion (?) genannter Muskeln einstellen und folglich auch einer starken Wendung des Kopfes nach links. Deshalb entspannt das Tier soviel als möglich die Muskeln, welche den Kopf nach links wenden (woraus ist das ersichtlich? Ref.), und da dies die erwähnte Empfindung nicht mildert, kontrahirt es die Antagonisten, woraus sich eine Kopfwendung nach rechts ergibt u. s. w.

„Sogleich nach der Durchschneidung des Bogenganges wird, wie oben gezeigt, der Nerv gelähmt, das Tier fühlt also nicht, um wieviel seine zur Wendung des Kopfes nach links bestimmten Muskeln kontrahiert sind, es kontrahiert dieselben deswegen noch stärker, wodurch jene schnellen Drehungen nach links (Pendelbewegungen) erzeugt werden, welche der Durchschneidung der Bogengänge folgen.

„Was die Augenbewegungen nun betrifft, welche man immer nach der Durchschneidung wahrnimmt, so mufs man sie, wie schon oben erwähnt, für Bewegungen halten, welche durch die Muskelkontraktion hervorgerufen werden. In Fällen, in welchen die Augenbewegungen stärker zum Ausdruck kommen, als die Kopfbewegungen, mufs man annehmen, dafs die Augenbewegungen von der Reizung der Bogengänge herrühren und dafs diese Reizung die Empfindung einer starken Kontraktion der zur Wendung des Kopfes bestimmten Muskeln erweckt.

„Sehen wir nun, inwieweit sich die Erscheinungen bei der Drehung durch unsere Annahme bestätigen.

„Es ist bekannt, dafs eine Taube mit durchschnittenem linken horizontalen Bogengange nach der Drehung nach links normale Kopfbewegungen ausführt; nach der Drehung nach rechts treten dagegen gar keine Bewegungen ein. Bei dem Stillstande nach rechtsseitiger Drehung wird der Kopf einer gesunden Taube infolge der erworbenen Geschwindigkeit nach rechts fortgerissen und vollführt dann stofsartige kompensierende Bewegungen nach links, weil, wie die Autoren behaupten, das Tier vom Gefühl geleitet wird, als drehe es sich nach links. Zur Ausführung derartiger Bewegungen mufs das Tier durchaus im Stande sein, dieselben auszugleichen; aber mit der Durchschneidung des linken horizontalen Bogenganges verliert es die

*) HIRSCHFELD u. LÉVEILLÉ. Neurologie. Paris 1853. p. 301.

Möglichkeit, regelmäfsige Bewegungen zu vollführen, namentlich in der horizontalen Ebene nach links, weshalb auch die soeben erwähnten Bewegungen wegbleiben; daher entstehen auch keine Augenbewegungen und der Kopf bleibt wie zur Zeit der Drehung nach links gebogen infolge der übermäfsig starken Kontraktion der Muskeln. Dagegen vollführt der Kopf bei linksseitiger Drehung nach dem Stillstande kompensierende Bewegungen nach rechts, weil diese Bewegungen sich mit Hilfe des unverletzten rechten horizontalen Bogenganges ausgleichen.

„Mit dieser Annahme liefsen sich also alle FLOURENSschen Erscheinungen leicht erklären, während die Theorie MACH-BREUERs nicht im stande wäre, einige von B. bemerkte Erscheinungen zu begründen. Zu Gunsten B.s Annahme sprächen anatomische Thatsachen.

„Sobald wir der Meinung beigepflichtet haben, dafs der Verlust des Muskelgefühls charakteristische Kopfbewegungen und Bewegung der Augen hervorruft, so sind wir fernerhin auch berechtigt, das Vorhandensein eines Schwindels infolge vorausgegangener Bewegungsstörungen anzunehmen. Somit ist, meiner Meinung nach, der Schwindel nicht eine unmittelbare Folge der Durchschneidung. Wenn einmal eine Schwindelempfindung entsteht, so zieht sie eine ganze Reihe neuer unregelmäfsiger Bewegungen nach sich. Darum weisen auch Tiere mit verletzten Bogengängen alle Anzeichen des Schwindels auf.

„Ich betrachte demnach die Bogengänge als ein Organ, welches an der Feststellung der Kopfhaltung einen gewissen Anteil nimmt; es dient zur Ergänzung des Muskelgefühls und wird durch pendelnde Bewegungen gereizt.“ (Umschreibung der GOLTZschen Hypothese. Ref.)

Entgegnung und Versuch **Spamers** (1881) wider **Bornhardt.**

Um den Einfluſs der erwähnten Muskeln auf die Erregung der Bogengänge festzustellen, löste SPAMER dieselben vom Knochen ab und führte dann die Durchschneidung der Bogengänge aus. Es ergab sich, dafs die Bewegungsstörungen ohne jede Änderung auftraten. Aus diesem Versuche schlofs er, dafs die Muskeln zu dem Auftreten der FLOURENSschen Erscheinungen entschieden in keiner Beziehung stehen.

Die oben angeführte Annahme BORNHARDTS gibt ein schönes und sehr lehrreiches Beispiel dafür, wie nötig es ist, bei Schlufsfolgerungen mit Vorsicht und Umsicht zu verfahren. Es ist einfach unbegreiflich, weshalb BORNHARDT die Richtigkeit seiner Annahme nicht auf dem Wege der Ausschliefsung der Muskelthätigkeit erprobte. Ein kleiner und einfacher Versuch SPAMERS genügte, um alle, wenn auch noch so künstlichen Gespinnste seiner Hypothese zu zerstören.

Erwägung von **Anna Tomaszewicz** (1877) zu Gunsten der Ansicht **Vulpians.**

Auf Grund der vergleichenden Anatomie und auf Grund von Versuchen kann man zu dem Schlusse gelangen, dafs die Bogengänge zur Feststellung der Schallrichtung dienen. Dabei entspricht die Lage der Bogengänge den drei Dimensionen des Raumes. Das Auftreten anormaler Pendelbewegungen in der Ebene des durchschnittenen Bogenganges führt zu dem Gedanken, dafs die Ampulle eines jeden Bogenganges der Erregung unterliegt. Da die Bogengänge, wie oben gesagt, zur Aufnahme von Schalleindrücken dienen, so ist es natürlich, anzunehmen, dafs als Erreger eine starke Gehörsempfindung

dient, welche sich in der Bogenebene projiziert. Eine analoge Erscheinung treffen wir auch im Auge, wo die Lichtempfindung in bestimmter Richtung nach aufsen projiziert wird. Auf Grund des Angeführten kann man annehmen, dafs die Durchschneidung jeden Bogenganges eine starke Schallempfindung hervorruft, welche charakteristische Kopfbewegungen zur Folge hat. So ist z. B. nach der Durchschneidung eines horizontalen Bogenganges (stärker noch nach der Durchschneidung beider) das Tier nach der Operation im ersten Moment betäubt und steht einige Zeit ruhig; aber plötzlich macht es eine Bewegung infolge Auftretens einer abnormen Gehörsempfindung. Reizerscheinungen dauern, wie aus Versuchen bekannt, nicht ununterbrochen an, sondern sie sind zeitweise gemildert oder verstärkt. Genau so mufs man auch in unserem Falle annehmen, dafs die Gehörsempfindungen bisweilen aufhören. Bei jedem Auftreten einer Empfindung strebt das Tier, sich derselben zu entledigen, und führt dementsprechende Bewegungen aus, welche den Ampullennerven noch stärker reizen und so den Umfang der einzelnen Bewegungen erhöhen. Dies dauert so lange an, bis die Gehörsempfindung schwächer wird oder auf einige Zeit ganz verschwindet; Umfang und Stärke der Kopfschwankungen sind dem Grade der Gehörsempfindungen proportional.

Somit wird die Ungleichheit in den Pendelbewegungen durch Gehörsempfindungen von ungleicher Stärke bedingt. Die Durchschneidung des vertikalen Bogenganges zieht Gehörsempfindungen („Empfindungen einer tönenden Gewalt") in der vertikalen Ebene nach sich. Bei beiderseitiger Durchschneidung der horizontalen Bogengänge werden die Bewegungen noch unregelmäfsiger, weil das Tier von beiden Seiten Gehörsempfindungen erhält und, um sich von denselben zu befreien, den Kopf bald nach der einen, bald nach der anderen Seite wendet.

Dafs solche Tauben sich häufig im Kreise bewegen und nicht gerade vorwärts laufen, hängt mit dem Umstand zusammen, dafs sie vor den abnormen Gehörsempfindungen zurückschrecken und darum Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite ausführen.

Es sind noch einige nicht zu beweisende Annahmen zu Gunsten der akustischen Hypothese ausgesprochen worden; doch brachten sie alle nichts Neues, sondern sind im wesentlichen nur eine Wiederholung des bereits Bekannten.*)

Ansicht von **Helmholtz** (1870) über die Funktion der Ampullen und des Vorhofes.

Die Nervenverteilung des Vorhofes und der Ampullen ist der Aufnahme von Geräuschen, die Stäbchen des Cortischen Organs und die membrana basilaris (Hensen) dagegen der Aufnahme musikalischer Töne**) angepafst.

*) M'Bride. A new theory as to the functions of the semicircular canals. Journ. of Anat. and physiol. Vol. XVII. 211—217. 1882. Ref. Schwalbes Jahresber. 1882.

B. sieht in den Bogengängen einen akustischen Apparat, dessen Erregung durch den Schall eine Reihe von Reflexbewegungen hervorruft. Alle seine Annahmen sind jedoch ohne jede Grundlage ausgesprochen.

**) Helmholtz. Die Lehre von der Tonempfindung. 3. Auflage. 1870. p. 225—226. Diese Ansicht ist in der 4. Auflage, 1877, nicht wiedergegeben worden.

Thatsachen, auf Grund deren die angeführte Vermutung ausgesprochen ist:

1. Otolithen, welche in einer gallertigen Flüssigkeit tauchen, sind kaum fähig, in regelmäfsige Schwingung zu geraten. Dieselben eignen sich am besten zur Übertragung einzelner Stöfse auf die Nervenendigungen. Dasselbe kann man auch von den Härchen in den Ampullen sagen: denn Körper von so geringem Volumen können nicht lange vibrieren.

2. Die Gestalt der Ampullen — eine geräumige Höhle mit zwei verhältnismäfsig schmalen Öffnungen — gestattet, wie es scheint, die Entwickelung eines einzelnen mittleren Wasserstrahls, welcher an den Seiten zum Teil in Wirbelbewegung gerät.*) Derartige, von dem ruhigen Teil der Flüssigkeit sich abscheidende Strömungen bilden sich immer da, wo sich die Flüssigkeit durch eine Öffnung oder einen Kanal mit scharf markierten Rändern in einen grofsen Raum ergiefst. Als anschauliches Beispiel kann eine aus dem Schornstein aufsteigende mit Rauch durchsetzte Luftsäule dienen. Der Rauch bleibt eine Strecke lang von der ihn umgebenden reinen Luft scharf gesondert und breitet sich dann aus, indem er in kreisende Bewegungen gerät. Der beschriebene Vorgang spielt sich auch in den Ampullen ab.

Die durch den Strudel an ihre Zellen gepreſsten Härchen und Otolithen können infolge der Bewegung der Wasserstrahlen nach verschiedenen Richtungen nur zur Wahrnehmung dieser unregelmäfsigen Strömungen dienen.

3. Elastische Gebilde mit starker Dämpfung werden von kurzen, nicht lange anhaltenden Stöfsen und Strömungen der Labyrinthflüssigkeit stärker getroffen, als von musikalischen Tönen. Somit werden sie die schnell vorübergehenden Erschütterungen, welche den Eindruck des Geräusches hervorrufen, percipieren.

Körper mit schwacher Dämpfungsvorrichtung werden durch musikalische Töne leicht in Konsonanz geraten. Diese letztere Bedingung finden wir in der Schnecke vor.

Die Erklärung von Helmholtz kann man nicht für befriedigend halten, weil sie die Flourensschen Erscheinungen unberücksichtigt läfst.

Annahmen bezüglich der Funktion der macula sacculi.

Bis auf Hasse (1873)[100]) war keine einzige Vermutung über die Funktion des sacculus ausgesprochen worden. Erst Hasse nahm an, dafs das Säckchen zur Aufnahme der einfachen Gehörsempfindungen, und die Schnecke wenigstens bei den höher organisierten Tieren zur Tonempfindung (wie Helmholtz)**) bestimmt sei.

---

*) Helmholtz. Notiz über diskontinuierliche Flüssigkeitsbewegungen. Monatsberichte der Berliner Akademie. 23. April 1868.

**) Hasse. p. 65. Die Ampullen, der recessus utriculi vermitteln dabei die durch

Mach (1873) ist der Ansicht, dafs der sacculus ein Organ zur Empfindung der progressiven (vorwärts schreitenden Bewegung darstellt.

Sodann hat Exner (1876, p. 102) [105]) angenommen, dafs der sacculus ein Organ zur Aufnahme der Geräusche sei.*) Erst in neuerer Zeit kann man auf Grund der Versuche Sewalls (1883),[183]) Steiners (1886),[184]) Kreidls etc. sich schon mit gröfserer Sicherheit über die Funktion dieses Labyrinththeiles aussprechen, und zwar darf man annehmen, dafs die macula sacculi gleich den Bogengängen die exakte Ausführung einiger Bewegungen zu regulieren hat. Die Ansicht Breuers werden wir weiter unten kennen lernen.

B. Die Endolymphe als normaler Erreger.

Goltz (1870) sprach zuerst eine Hypothese aus, durch welche sich eine Reihe von Erscheinungen, die durch Erregung oder Hemmung der Funktion eines Teiles des Labyrinths hervorgerufen werden, rationell erklären liefse. Seine Ansicht von der Bedeutung des Druckes der Endolymphe auf den Endapparat hat die Bearbeitung der Frage über die Bedeutung der Bogengänge sehr gefördert, da sie andere Forscher dazu anregte, andere noch wahrscheinlichere Erklärungen für die rätselhaften Erscheinungen des Flourensschen Symptomenkomplexes ausfindig zu machen. So entstand die Hypothese Machs, Breuers und Crum Browns.

Die letzteren brachten sämtliche Erscheinungen der Bewegungsstörungen in engen Zusammenhang mit der Lageveränderung und Bewegung der Endolymphe, im Gegensatze zu Goltz, welcher ihre Entstehung durch die Druckänderung der Flüssigkeitssäule bei den verschiedenen Haltungen des Kopfes erklärte. Erstere Hypothese wollen wir die hydrodynamische, letztere die hydrostatische nennen.

Die hydrostatische Hypothese.

Hypothese von **Goltz** (1870).

Es frägt sich, auf welche Weise die Bogengänge ihre hypothetische Funktion ausüben. Wie wir oben gesehen haben, vermag ein Tier.

---

die *Knochenleitung* hervorgerufene *einfache* Gehörsempfindung, während der sacculus Vermittler der durch die Bewegungen des besonderen *Schallzuleitungsapparates* hervorgerufenen *einfachen* Gehörsempfindung ist und die Schnecke dagegen wenigstens bei den höheren Tieren vorzugsweise, um nicht zu sagen ausschliefslich, den *Tonempfindungen* dient. (S. die Abhandlung von der Schnecke.)

*) Sigm. Exner (1876).

l. c. p. 229. „Jetzt sind die Dinge so weit gediehen, dafs man nicht anders kann, als Ampullen und Bogengänge als Gleichgewichtsorgan aufzufassen, ebenso ist der sacculus ellipticus, der mit diesen unmittelbar zusammenhängt, schon vergeben, frei ist nur mehr der sacculus sphaericus. Soll man nun alle Funktionen, welche Helmholtz dem Vorhofe und den Ampullen zuschreibt, einfach auf diesen sacculus sphaericus übertragen?“

z. B. die Taube, nur in dem Falle das Gleichgewicht zu bewahren, wenn es die Bewegungen seines Kopfes vollkommen beherrscht. Letzteres ist jedoch nur bei intakter Kenntnis der vom Kopfe eingenommenen Stellung möglich, welche das Tier teils mit Hilfe des Sehvermögens, teils mit Hilfe der sensiblen Nerven der Haut, der Muskeln, der Knochenbänder u. s. w. des Halses und Kopfes beurteilt.

Dafs dies jedoch nicht die einzigen Hilfsmittel sind, erhellt aus dem Umstande, dafs Blendung eine Taube des Gleichgewichts nicht beraubt. Ebensowenig reichen die sensiblen Nerven allein hierzu aus. Bei Intaktsein der Augen und der sensiblen Nerven, aber bei zerstörten Bogengängen geht, wie wir sehen, die Fähigkeit, die Kopfbewegungen zu regulieren, vollkommen verloren. Somit ergibt sich, dafs die Bogengänge für die Vermittlung der Empfindung über die Haltung des Kopfes die Hauptrolle spielen. Auf welche Weise aber orientieren sich die Tiere über ihre Kopfhaltung mit Hilfe der Bogengänge? Nehmen wir an, dafs die Nervenendigungen der Ampullen ebenso wie die Hautnerven durch Druck oder Drehung erregt werden. Die in den Bogengängen eingeschlossene Flüssigkeit (die Endolymphe) wird nach bekannten physikalischen Gesetzen diejenigen Teile der Wandung am stärksten anspannen, welche am meisten nach abwärts gelegen sind. Je nach der Kopfstellung wird auch der Druck der Flüssigkeit in den verschiedenen Teilen des Labyrinths wechseln, und folglich wird auch jeder Kopfhaltung eine bestimmte Form der Nervenerregung in dem Endapparate der Ampullen entsprechen. Diese Erregung wird in dem Gehirn das Urteil über diese oder jene Haltung des Kopfes erwecken. Mit der Zerstörung des Bogenganges werden die dem Gehirn zugehenden Nachrichten über die Stellung des Kopfes unvollständig, wodurch auch das Schwindelgefühl entsteht.*)

*) l. c. p. 187. „Wie kann man sich nun etwa vorstellen, dafs das Tier durch Vermittlung der Bogengänge etwas über die Haltung seines Kopfes erfährt? Ich habe mir folgende Einrichtung als möglich gedacht. Wir wollen annehmen, dafs die in den Ampullen vorhandenen Nervenendigungen in ähnlicher Weise geeignet sind, durch Druck oder Dehnung erregt zu werden, wie etwa die dem Drucksinn dienenden Nerven der äufseren Haut. Die in den Bogengängen befindliche Flüssigkeit (Endolymphe) wird nach bekannten physikalischen Gesetzen diejenigen Abschnitte der Wandung am stärksten anspannen, welche am meisten nach abwärts gelegen sind. Je nach der Stellung des Kopfes wird die Verteilung des Druckes der Flüssigkeit wechseln, und einer jeden Kopfhaltung wird demgemäfs immer eine bestimmte Form der Nervenerregung entsprechen. Die Bogengänge selbst enthalten zwar keine Nerven, aber jede Vermehrung ihrer Spannung wird immer zurückwirken müssen auf die mit ihnen verbundenen Ampullen. Aus der in jedem Augenblick vorhandenen besonderen Form der Nervenerregung in den Ampullen wird nun das Hirn zurückschliefsen auf die entsprechende Kopfhaltung und auf Grund dessen die Kopfbewegungen zweckentsprechend berechnen können. Wird ein Teil der Bogengänge zerstört, so werden die Nachrichten, welche das Hirn über die Kopfstellung erhält, ungenau, und die Bewegungen werden nicht mehr richtig abgeschätzt. Aus

Entgegnung **Breuers** (1874) wider **Goltz.**

Die Ansicht von GOLTZ über die Rolle der Labyrinthflüssigkeit bei der Erhaltung des Gleichgewichts ist sehr scharfsinnig, aber die Auffassung der mechanischen Funktion dieser Flüssigkeit ist eine irrtümliche.

1. Die Ampullen und der utriculus würden einem je nach der Höhe der von ihnen umschlossenen Flüssigkeitssäule verschiedenen Drucke und Zuge thatsächlich nur in dem Falle unterliegen, wenn sie in der Luft oder in einer Flüssigkeit von spezifisch geringerem Gewicht als die Endolymphe wären. Diese Gebilde sind aber von der Perilymphe eingeschlossen, welche ihrerseits von unnachgiebigen Wänden umgeben ist (die Membran des runden Fensters und die lymphatischen Wege der Aquädukte kann man hierbei nicht in Rechnung ziehen). Solange nicht bewiesen ist, dafs die Endolymphe schwerer ist als die Perilymphe, wird man der Annahme von GOLTZ widersprechen müssen.

2. Man kann eine Änderung des Druckes der Endo- und Perilymphe auf die zwischen ihnen eingeschlossene Membran bei einem Wechsel der Lage nicht anerkennen, da das Wasser in verstopften Röhren mit kleinem Durchmesser, in welche auf keine Weise Luft einzudringen vermag, durchaus nicht nach unten drückt; erst durch den Zudrang und die Verschiebung der Luft würde der Flüssigkeit die Möglichkeit gegeben werden, ihre Lage zu wechseln.

---

der Unfähigkeit, die Bewegungen gehörig dem Zweck anzupassen, entsteht dann das Schwindelgefühl, und dies führt seinerseits zu einer Reihe anderer Bewegungsstörungen. Es kann nicht verlangt werden, alle Momente der Störungen, wie sie nach Verletzung der Bogengänge eintreten, auf diesem Wege erklären zu wollen, doch läfst sich vermutungsweise vielleicht einzelnes erläutern. Wenn ein Tier, z. B. eine Taube, den Kopf wagerecht nach rechts und links bewegt, so werden die Veränderungen des Druckes vorzugsweise in den wagerecht verlaufenden Bogengängen merkbar sein. Wendet die Taube den Kopf nach rechts, so entsteht eine stärkere Spannung im linken wagerechten Bogengange und umgekehrt. Zerstört man nun die beiden wagerechten Bogengänge, so wird ein wesentlicher Teil der Druckänderung bei der wagerechten Bewegung des Kopfes fortfallen."

„Dafs einseitige Zerstörung der Bogengänge oder der Gehörnerven keine dauernden Störungen hervorbringt, scheint kein Einwand gegen die Richtigkeit der vergetragenen Hypothese... Es scheint nicht unwahrscheinlich, dafs das unversehrt gebliebene Organ *einer* Seite hinreicht, um dem Centrum im Gehirn die nötigen Nachrichten über die Stellung des Kopfes zu geben."

Der vorgeführten Hypothese widerspricht, dem Anschein nach, die früher erwähnte Beobachtung bei einer Taube mit an der Brust angeheftetem Kopfe. Dieses Tier hat, wie ein operiertes, die Neigung sich rückwärts zu bewegen.

Diese Erscheinung läfst sich folgendermafsen befriedigend erklären. Das Tier bemüht sich, Rumpf und Kopf von einander zu trennen. Dies Bestreben nötigt es, den Rumpf vom Kopf zu entfernen, was nur durch eine Bewegung nach rückwärts geschehen kann. Bei einem operierten Tiere ist der Kopf mit seiner ganzen Schwere nach vorn geneigt.

MOON (1870) wiederholt, ohne, wie es scheint, die Arbeit von GOLTZ zu kennen, dessen Hypothese über die Bedeutung des membranösen Labyrinths und der Bogengänge. l. c. A. f. O. Bd. VI, p. 134.

Entgegnung **Machs** (1875) wider **Breuer.**

Breuer hat folgende Umstände nicht beachtet:

1. Sobald nur die Perilymphe nach der Seite des runden Fensters auszuweichen vermag, kann folglich auch die Endolymphe nach dieser Richtung hin einen Druck ausüben. Somit ist die Erklärung von Goltz mit einiger Modifikation möglich.

2. Auch in verschlossenen, mit Flüssigkeit angefüllten Räumen übt diese einen Druck aus, welcher nach unten zunimmt. Dies wird zur Genüge durch die Einführung kleiner Teilchen von spezifisch leichterem Gewicht erwiesen; bei jeder Wendung des Gefäfses wechseln dieselben ihre Stellung, indem sie an verschiedenen Stellen an die Oberfläche der Flüssigkeit treten. Ein gegen Druck sehr empfindlicher Körper, welcher an den Wandungen des Gefäfses befestigt oder in eine Aushöhlung desselben eingelassen ist, kann jede Veränderung der Lage oder Bewegung als Druckänderung aufnehmen.*)

Entgegnung **Cyons** (1878).

„Aber wenn wir sogar in betreff dieser Möglichkeit mit Mach übereinstimmen, so müssen wir doch hervorheben, dafs sie das Verständnis für die Funktion der Bogengänge nicht im geringsten zu erleichtern vermag, weil hier der Druck immer in demselben Sinne wirken wird."

Erklärung **Breuers** (1874) hinsichtlich seiner irrtümlichen Bemerkung über die **Goltz**sche Hypothese.

Die Berechtigung der Einwendungen Machs erkennt Br. an und gibt zu, dafs seine Bemerkungen über die Goltzsche Hypothese irrtümlich waren.**)

Entgegnung **Ficks** (1874).***)

Die Druckschwankungen sind so unbedeutend, dafs sie kaum eine Reizung der Nervenenden bewirken können.

---

*) Bornhardt (1875) l. c. umschrieb die Erwiederung Machs wie folgt:

l. c. p. 48. „Woraus man sieht, dafs Br. die Annahme einer Druckänderung nur in dem Falle für möglich hält, wenn die Flüssigkeit selbst ihre Lage en masse zu verändern vermag; aber das ist falsch. Der Druck auf eine und dieselbe Stelle der Wandung kann sich auch in einem vollständig mit Flüssigkeit gefüllten und verschlossenen Röhrchen ändern; alles hängt davon ab, in welcher Höhe die Flüssigkeitssäule sich in dem gegebenen Moment über dieser Stelle der Wandung befindet."

l. c. p. 47. „Aber die Knochenwandungen der Höhle, in welcher sich die Perilymphe befindet, sind nicht dicht, sondern haben, wie selbst Br. erwähnt, Öffnungen, welche durch elastische Membranen geschlossen sind; folglich kann diese Flüssigkeit, indem sie durch ihr Gewicht einen Druck ausübt, ausweichen, z. B. nach den Membranteilen der fenestra rotunda. Hierdurch wird sich der Druck der Perilymphe auf die Membranwandungen der Kanäle verringern, und in diesem Falle wird der Druck der Lymphe ein Übergewicht erlangen und irgend eine Stelle der Wandung des Membrankanals ausdehnen.

**) p. 141. „Ich habe in der ersten Mitteilung gegen die ursprüngliche Goltzsche Vorstellung einen Einwand erhoben, den Mach bestreitet und dessen Unrichtigkeit ich erkenne."

***) Entgegnung A. Ficks (1874, 13. März). A. f. O. Bd. VIII, p. 303.

„Dafs aber — möchte ich mir noch hinzuzufügen erlauben — der blofse hydro-

Erwägungen von **Högyes** (1880) zu Gunsten von **Goltz.**

Alle Erscheinungen werden nach der Ansicht von Högyes durch eine Druckschwankung der Endolymphe befriedigend erklärt. Die Endolymphe erhält die Ampullen in gespanntem Zustande und teilt den Härchen der cristae die Schwingungen der Perilymphe mit. Mit dem Ausfliefsen der Endolymphe nach einem in den Bogengang ausgeführten Stich wird das Gleichgewicht in einzelnen Teilen dieses Mechanismus gestört. Die verschiedenartigen Stellungen der Augen bei veränderter Haltung des Kopfes und des Rumpfes gestatten es, auf den Vorgang einer Druckschwankung in der Peri- und Endolymphe einen Rückschlufs zu ziehen. Bei normaler Kopfhaltung erleidet jede Ampulle einen gleichmäfsigen Druck; infolge dessen verharren die Augen in ihrer symmetrischen Stellung.*)

Ewald (1889) zu Gunsten von **Goltz.**

Die auf Seite 221 angeführten Beobachtungen, welche gegen die Goltzsche Hypothese sprechen könnten, sucht Ewald mit derselben in Einklang zu bringen.

Zu Gunsten der Hypothese von Goltz haben sich noch einige Forscher ausgesprochen, welche keine Originalbeweise vorbrachten, sondern nur eins der schon angeführten Argumente wiederholten.

Hydrodynamische Hypothesen.

Auf Grund seiner Versuche über den Drehschwindel kam Mach, wie wir oben gesehen haben, zu dem Schlusse, dafs in dem Ohrlabyrinth

statische Druck ohne Anspannung der Wände einen Reiz für das Nervenende abgeben sollte, ist bei der Kleinheit der Druckunterschiede, um die es sich hier handelt, wohl ebenso unwahrscheinlich."

*) l. c. p. 324. „Diese Druckschwankungen müssen sich dann notwendigerweise auch auf die von der Perilymphe umgebene und nur durch einen elastischen Schlauch von ihr getrennte Endolymphe erstrecken. Wenn trotzdem die willkürlichen Schnabelbewegungen der normalen Tiere von keinerlei Kopfbewegungen begleitet sind, wie wir sie bei Reizung der Bogengänge beobachteten, so spricht dies doch nicht gegen die Goltzsche Theorie. Denn da die Druckveränderungen auf alle Ampullen gleichmäfsig wirken, so kann dies im Sinne von Goltz gleichbedeutend mit keiner Druckveränderung sein. Nicht schwerer ist es ferner, die Goltzsche Theorie der Thatsache gegenüber aufrecht zu erhalten, dafs die Schnabelbewegungen auch dann keine Kopfbewegungen veranlassen, wenn man auf der einen Seite des Tieres die columella durchschnitten, und dadurch hier die Druckschwankungen der Perilymphe unmöglich gemacht hat. Dann ändert sich bei den Schallbewegungen der Druck nur in den Ampullen der andern Kopfhälfte. In diesen dreien aber natürlich immer in gleicher Weise. Die Druckdifferenzen zwischen den rechten und linken Bogengängen werden indes keine Wirkung haben, weil eine derartige Kombination der Druckwerte, wie die in Frage stehende, in Wirklichkeit durch Lageveränderungen des Kopfes überhaupt nicht erzeugt werden kann. Es soll indes hier nicht näher auf theoretische Erörterungen eingegangen werden."

(in den Ampullen und Bogengängen) ein peripheres Organ für die Empfindung der Drehgeschwindigkeit gelegen ist. Ob sich hier auch ein Organ befindet, welches die Geschwindigkeit der geradlinigen progressiven Bewegung wahrnimmt, ist schwer zu sagen.

Hydrodynamische Hypothese **E. Machs** (6. November 1873).

Die Erklärung Machs gründet sich auf folgendes physikalische Gesetz. Wenn irgend eine Masse A nicht frei, sondern durch eine Kraft mit der Masse B vereinigt ist, so wird jede Veränderung in der Masse A auf B einwirken, und umgekehrt. Die während der Bewegung in A entstehenden Änderungen werden auf B einen Druck oder einen Zug ausüben.

Denken wir uns nun den Körper B als eine mit Nervenenden ausgekleidete Höhle und gefüllt mit irgend einem flüssigen oder festen Inhalt A, so können dann folgende Kombinationen beobachtet werden:

1. A wird vermöge seiner Schwere auf einen Teil der Wandung B einen gröfseren Druck ausüben als auf die anderen und dadurch die Lage von B gegen die Vertikale bestimmen.

2. Bei jeder Beschleunigung in der Bewegung von B wird die Masse A sich nach der entgegengesetzten Richtung bewegen (Gegenbeschleunigung), indem sie eine Gegenwirkung (einen Gegendruck) ausübt, wodurch sich sowohl die Druckintensität ändert als auch die Stelle der Höhlenwandung, welche diesem Druck unterliegt.

3. Bei jeder Winkelbeschleunigung (Beschleunigung der Bewegung im Kreise), welche B ausführt, wird A sich nach der umgekehrten Richtung in Bewegung setzen.

Durch die Vorgänge in 1 und 2 wird B zur Kenntnis seiner Lage und progressiven Beschleunigung, durch den Vorgang in 3 zur Kenntnis seiner Drehgeschwindigkeit gelangen.

Als ein Organ von solcher Einrichtung kann man den Vorhof mit den Bogengängen betrachten. Bei jeder Winkelbeschleunigung des Bogenganges um die zur Bogenebene senkrechte Axe wird sein Inhalt im Augenblick der Drehung in entgegengesetztem Sinne wirken, und dieser Bewegungsantrieb wird von den Ampullennerven als Empfindung einer vor sich gehenden Drehung aufgenommen werden. Wenn wir annehmen, dafs den Ampullennerven die eigentümliche spezifische Energie innewohnt, auf jeden Reiz mit einer Drehempfindung (Bewegung) zu antworten, so werden uns sofort viele Erscheinungen verständlicher werden, und einzelne zerstreute Beobachtungen werden unter einem Prinzip zusammengefafst werden können. Auf Grundlage einer solchen Annahme kann man die Flourensschen Erscheinungen und den einfachen Schwindel, welcher durch die Drehung hervorgerufen wird, erklären. In diesem Falle werden die Ampullennerven nicht durch die

Durchschneidung erregt und gezerrt, sondern durch den in Drehung geratenen Inhalt der Bogengänge. Ob solche umgekehrten Strömungen in den Bogengängen wirklich vor sich gehen, ist schwer zu sagen,*) da die in dieser Richtung unternommenen Versuche vorläufig zu negativen Ergebnissen geführt haben.**)

*) „Da ich gesehen habe, dafs die Flüssigkeit in einem aufgebrochenen und wieder mit Glas verschlossenen Bogengang bei Drehung des Felsenbeins sehr leicht herumfliefst, so dachte ich zunächst, dafs der Labyrinthinhalt wirklich das Flächenprinzip erfüllt und sich wirklich bewegt. An einem Felsenbein kann man aber nie ganz sicher sein, ob das Labyrinth nicht irgendwo verletzt ist. Machte ich nun den Versuch mit einem geschlossenen Röhrchen von der Gröfse und Form eines Bogenganges, so erhielt ich auf der Centrifugalmaschine wegen der Gröfse der Reibung niemals eine Drehung. Ich habe daher die ursprüngliche Ansicht aufgegeben. Ein Wassertropfen von 1 cm Durchmesser auf der Scheibe der Centrifugalmaschine zeigt das Flächenprinzip sofort."

1875. p. 116. „Ich habe daher die ursprüngliche Annahme einer wirklichen Strömung aufgegeben und angenommen, dafs das blofse *Drehungsmoment* (*der Druck*) des Bogengangsinhaltes ohne merkliche Drehung auf den Nerven wirke, so wie etwa Druck die Tastnerven der Haut erregt."

**) E. MACH 1873. 6. Nov.[167])

p. 133. „Ist nun ein Massensystem A *nicht frei*, sondern durch irgend welche Kräfte an ein Massensystem B gebunden, so wird das Schwerpunkts- und Flächenprinzip für A nicht mehr gelten, aber die Abweichungen des A von beiden Prinzipien sind dann durch die Kräfte, die B auf A ausübt, hervorgebracht und dieselben Kräfte mufs nun auch A auf B ausüben. Bei jeder Bewegung werden sich also die Abweichungen, welche A gezwungen wird, als Züge und Pressungen auf B äufsern.

„Denken wir uns nun eine mit Nervenenden ausgekleidete Höhle in einem Körper B, welche irgend einen flüssigen oder festen Inhalt A hat. Derselbe wird 1. vermöge der Schwere auf eine Stelle der Wand stärker drücken als auf die übrigen und dadurch die Lage von B gegen die Vertikale bezeichnen. Bei jeder Beschleunigung, die B annimmt, wird 2. A eine Gegenbeschleunigung (einen Gegendruck) ausüben, die sich mit der Schwerebeschleunigung zusammensetzt, wodurch sowohl die Druckintensität als auch die Druckstelle an der Höhlenwand sich ändert. Endlich wird 3. bei jeder Winkelbeschleunigung, die B annimmt, A eine Gegendrehung auszuführen suchen. Durch 1. und 2. kann B zur Kenntnis seiner Lage und progressiven Bewegung, durch 3. zur Kenntnis seiner drehenden Bewegung gelangen. (Nimmt man an, dafs nur der Druck empfunden wird, so reicht freilich eine Art von Nerven aus.) Der Vorhof mit den Bogengängen dürfte ein solches Organ sein, dessen Schema wir hier entwickelt haben. Es ist auch wahrscheinlich, dafs für 1. und 2. spezifisch andere Nerven vorhanden sind als für 3.

„Betrachten wir die Bogengänge, so scheinen uns diese besonders geeignet, das Flächenprinzip zur Geltung zu bringen. Für jede Winkelbeschleunigung um die zur Bogenebene senkrechte Axe mufs der Inhalt ein Drehungsmoment von entgegengesetztem Sinn ausüben, welches die Nerven der Ampullen als Zeichen dieser Winkelbeschleunigung weiter leiten.

„Nehmen wir nach den von MÜLLER aufgestellten Grundsätzen III—VI an, dafs die Ampullennerven die eigentümliche spezifische Energie hätten, auf jeden Reiz mit einer Drehempfindung zu antworten, so werden uns sofort viele Erscheinungen klar, und mancherlei zerstreute Beobachtungen sammeln sich unter ein Prinzip.

Dieserhalb und aus dem Umstande, dafs der Bewegungsantrieb der Flüssigkeit nicht zur wirklichen Veränderung ihrer Lage führt, hält M. die Annahme für richtiger, dafs schon das Drehungsmoment (der Druck) des Kanalinhaltes für sich allein ohne jede wahrnehmbare Drehung desselben zur Erregung der Ampullennerven hinreicht; auf ähnliche Weise würden z. B. durch den Druck auch die Tastnerven der Haut erregt. BREUER aber und BROWN erklären die Bewegungsstörungen durch Entstehung erheblicher Strömungen der Endolymphe.

Bei momentan ausgeführter Wendung erhalten wir die Empfindung einer Drehung nach der umgekehrten Seite, welche indessen sofort durch eine andere momentane Wendung (eine kompensierende, Ref.) nach der gegenüberliegenden Seite aufgehoben wird. Bei andauernder gleichmäfsiger Drehung schwindet die Drehempfindung. Sobald aber die Drehung unterbrochen wird, erscheint eine Gegendrehung unter dem Gefühl des Schwindels.

„Die gewöhnlichen Erscheinungen des Drehschwindels erklären sich nach demselben Prinzip. Der Drehschwindelversuch ist dann nichts weiter wie der FLOURENSsche Versuch. Statt die Durchschneidung der Bogengänge anzuwenden, reizen wir die Ampullennerven, indem wir dem Inhalt der Bogengänge durch Winkelbeschleunigung ein Drehungsmoment erteilen, vermöge dessen er an den Ampullennerven zerrt.

„Um den Thatsachen gerecht zu werden, müssen wir ferner annehmen, dafs ein momentan wirkendes Drehungsmoment eine gegensinnige Drehempfindung von beträchtlicher Nachdauer erzeugt, welche jedoch durch ein entgegengesetztes Drehungsmoment sofort wieder gelöscht werden kann. Nur so verstehen wir die Erscheinungen."

E. MACH 1873.

„Wenn wir uns längere Zeit gleichförmig drehen, erlöscht die Wirkung des beim Beginn erregten Drehungsmomentes. Wir drehen uns ohne weitere Drehempfindung. Hören wir nun auf, so entsteht ein entgegengesetztes Drehungsmoment, welches mit seiner nachdauernden Empfindung zur vollen Wirksamkeit gelangt. So entsteht der Drehschwindel.

Machen wir eine einfache Wendung des Kopfes, so erzeugen wir beim Beginn ein Drehungsmoment und beim Schlufs ein entgegengesetztes. Letzteres löscht sofort die nachdauernde Empfindung des ersteren."

E. MACH. Vorläufige Mitteilung. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. VIII, p. 240.

„In der Sitzung der Wiener Akademie vom 6. Nov. 1873 habe ich eine Abhandlung „über den Gleichgewichtssinn" vorgelegt, deren wichtigstes Resultat folgendes ist:

„Die FLOURENSschen Dreherscheinungen, die Orientierung des Gleichgewichtes und der Bewegung, die gewöhnlichen Erscheinungen des Drehschwindels, die GOLTZschen Phänomene und einige optische Bewegungserscheinungen können aus einem Gesichtspunkte begriffen werden, wenn man annimmt, *dafs die Nerven der Ampullen des Ohrlabyrinthes jeden Reiz* (welcher gewöhnlich durch ein Drehungsmoment an dem Inhalt des Bogenganges ausgeübt wird) mit *einer Drehempfindung beantworten.*"

14. Nov. 1873. J. BREUER machte in der Sitzung der K. K. Gesellschaft der Ärzte in Wien eine vorläufige Mitteilung von denselben Ergebnissen wie E. MACH, zu denen er selbständig auf Grund von Versuchen gelangt war.

Erste Annahme.

Zu Gunsten der Existenz eines besonderen Organs für die Empfindung von Bewegungen sprechen folgende Betrachtungen:

1. Für die Annahme der Existenz eines besonderen Organs zur Empfindung und Erhaltung des Gleichgewichts der Bewegungen scheint die vergleichende Anatomie (Hasse) zu sprechen. Das Gehörorgan hat sich aus einem Tastorgan, das sich der Aufnahme periodischer Schwingungen anpafste, entwickelt. Somit darf uns jener enge Zusammenhang nicht wundern, der zwischen den Bewegungen und dem Gehörorgan besteht. Die Bogengänge erscheinen in der Entwickelung des Gehörsorgans früher als die Schnecke.

Es ist überdies bekannt, dafs ein starkes Geräusch zu plötzlichen Muskelbewegungen führt.

2. Die Erscheinungen bei dem Drehschwindel erinnern, wie wir das oben (S. 392) gesehen haben, an den Flourensschen Symptomenkomplex.

3. Das passive Verhalten der übrigen Organe und Gewebegruppen in dem Prozesse der Bildung des Drehschwindels (s. S. 362).

Die Erscheinungen des Drehschwindels verwertend, erklärt Mach die Entstehung der Bewegungsstörungen nach der Durchschneidung der Bogengänge folgendermafsen. Nach der Durchschneidung z. B. des linken horizontalen Bogenganges empfindet das Tier einen Schwindel nach rechts, weshalb es sich in dem Bestreben, das Gleichgewicht zu erhalten, nach links dreht. Nach der Durchschneidung der beiden hinteren Bogengänge scheint es dem Kaninchen, als ob es sich nach vorn drehe, und in der Befürchtung, sich nach vorn zu überstürzen, macht es nach der entgegengesetzten Richtung Anstrengungen, wobei es auf den Rücken fällt. Bei Durchschneidung der sagittalen Bogengänge entsteht die Empfindung des Rückwärtsfallens; infolge hiervon Anstrengungen, dieser Empfindung nach vorn entgegenzuarbeiten. Auf diese Weise kann man alle bei der Durchschneidung beobachteten Erscheinungen erklären. Hiernach beobachten wir bei Reizung der Ampulle des linken horizontalen Bogenganges eine Drehung um die Vertikalaxe nach rechts, und umgekehrt bei Reizung der rechten Ampulle eine Drehung nach links. Auf Grund der Flourensschen Versuche können wir die Annahme aussprechen, dafs die Nerven nur durch den Bewegungsantrieb der Ampulle gegen den Bogengang erregt werden.*)

So sehen wir, dafs bei der Durchschneidung des rechten Bogen-

*) „Wir werden also durch die Details der Flourensschen Versuche dazu geführt, anzunehmen, dafs nur der Bewegungsantrieb der Ampulle gegen den Bogengang als umgekehrte Drehung empfunden wird, nicht aber der Bewegungsantrieb der Ampulle vom Bogengang weg. Dies hat Brown, wenn auch, wie es scheint, auf andere Gründe gestützt, vermutet."

ganges die linke Ampulle durch ihr Streben in der Richtung zum linken Bogengange einen Schwindel nach links veranlafst.

Mit Hilfe dieser Schlufsfolgerung können wir uns das Auftreten aller übrigen Erscheinungen bei den Flourensschen Versuchen erklären. Bei dem Bestreben, sich nach hinten zu überschlagen, werden beide Ampullen der vorderen sagittalen Bogengänge gereizt, was ein Überschlagen nach vorn zur Folge hat. Das Streben, nach vorn zu fallen, reizt beide Ampullen der hinteren frontalen Bogengänge, was Fallen auf den Rücken nach sich zieht.

Bezüglich der gleichzeitigen Funktion der beiden Labyrinthe teilt Mach die Ansicht Crum Browns (siehe Abschnitt über die Experimentalmethoden), nach der die beiden Labyrinthe sich gegenseitig ergänzen. Beide horizontalen Bogengänge gehören zu ein und derselben Vertikalaxe. Der frontale linke und sagittale rechte gehören zu der Axe, welche von dem rechten Auge zu dem linken Warzenfortsatz von vorn nach oben links führt. Bei Betrachtung der oben dargelegten Ansichten darf man annehmen, dafs der linke sagittale und rechte frontale (hintere) Bogengang bei einer Verletzung sich gegenseitig kompensieren. Es wäre wünschenswert, in dieser Richtung Versuche auszuführen. (Wir haben bereits oben, S. 248, gesehen, dafs Breuer diese Annahme bestätigt hat. Ref.)

Es wäre erwünscht, eine isolierte Erregung nur einer Ampulle vermittelst zweier einander nahe gelegener Elektroden auszuführen, um die gleichzeitige Erregung des Gehirns zu vermeiden. Solche Versuche könnten die vorliegende Hypothese unterstützen. (Der von Mach 1873 ausgesprochene Wunsch wurde von Breuer 1888 erfüllt. S. 267. Ref.)

Zweite Annahme.

Für die Empfindung der Progressivbeschleunigung mufs man im Labyrinth das Vorhandensein eines besonderen Organs voraussetzen, welches die Progressivbeschleunigung von allen Seiten gleich gut aufnimmt. Man darf annehmen (entschieden ohne jegliche Begründung. Ref.), dafs der sacculus diese Funktion verrichtet. (Breuer beansprucht für dieselbe den utriculus.)

Dritte Annahme.

Für die Empfindung der ruhigen Lage des Körpers mufs man angesichts nachfolgender Erwägungen eine Vorrichtung besonderer Art annehmen.

Wir haben gesehen, dafs die Empfindung der Beschleunigung verloren geht, sobald die Bewegung gleichmäfsig wird; hiernach stellt das zur Auffassung der Beschleunigung bestimmte Organ seine Funktion

infolge von Erschöpfung ein. (Warum diese Erschöpfung eintritt, ist nicht motiviert. Ref.) Die Empfindungen aber von der Lage des Körpers mit ihren Folgen — der Stellung der Augen, dauern die ganze Zeit hindurch unverändert an. An dem Organ der Lageempfindung können wir hiernach die Fähigkeit, sich zu erschöpfen, nicht erkennen. Wie es scheint, verfügt der Gehörsnerv über solche Eigenschaften. Jedenfalls ist es schwer sich vorzustellen, welcher Art die Struktur eines sich niemals erschöpfenden Organes sein mufs.

Wie soll man die Thatsache erklären, dafs nach einmaliger Wendung des Kopfes kein Schwindel gefühlt wird?

Es wurde bereits die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dafs zwei entgegengesetzte Ampullen wie Antagonisten wirken, als positive und negative Gröfsen. Die Funktion der linken Ampulle hebt z. B. die Funktion der rechten Ampulle auf. Zu einer derartigen Schlufsfolgerung kamen wir auf Grund von Versuchen. Hält man nach längerem Drehen an, so wird die Empfindung der Gegendrehung noch fortdauern, nachdem die Beschleunigung (die Erregung) schon lange aufgehört hat. In dem Augenblick der Unterbrechung der Drehung wird eine Ampulle erregt und setzt ihre Funktion fort. Bei Wiederaufnahme der Bewegung verschwinden die Schwindelerscheinungen, weil die Ampulle der anderen Seite wieder zu wirken beginnt.

Durch die Nachdauer der Empfindung wird es verständlich, weshalb eine einmalige Kopfwendung keinen Schwindel hervorruft. Hier wird die Empfindung der vorhergegangenen Drehung durch die Empfindung der Gegendrehung aufgehoben, welche sogleich nach dem Stillstande eintritt. Bei anhaltender Drehung verschwindet die im ersten Augenblicke derselben erzeugte Empfindung. Sodann drehen wir uns schon ohne jegliche Empfindung. Aber sobald wir anhalten, beginnt sofort die Gegendrehung infolge Erregung der entsprechenden Ampulle der anderen Seite.*)

Entgegnung **Breuers** (1875) wider **Mach.**

Die Erklärungen, welche MACH bezüglich der FLOURENSschen Versuche gegeben hat, sind nicht richtig, weil sie mit den Thatsachen nicht übereinstimmen. So fällt das Tier bei Reizung der vorderen Ampullen des sagittalen Bogenganges nach vorn und nicht nach hinten u. s. w.

Entgegnung **Bornhardts** (1875) wider **Mach.**

l. c. p. 74. Da MACH seine Untersuchungen nicht unmittelbar an den Bogengängen ausführte, so können seine Schlufsfolgerungen, welche für die

*) l. c. p. 115. „Wenn wir uns längere Zeit gleichförmig drehen, erlischt die Wirkung des beim Beginn erregten Drehungsmomentes. Wir drehen uns ohne weitere Drehempfindung. Unterbrechen wir nun die Drehung, so entsteht ein entgegengesetztes Drehungsmoment, welches mit seiner nachdauernden Empfindung zur vollen Wirksamkeit gelangt. So entsteht der Drehschwindel.“

Theorie des Gleichgewichtes unseres Körpers sehr wichtig sind, nicht unmittelbar zur Erklärung der Thätigkeit der Bogengänge selbst Verwendung finden. Wenn bei der Drehung Veränderungen entstehen, die an Erscheinungen erinnern, welche man nach Durchschneidung der Bogengänge beobachtet, so beweist das noch nicht, dafs die von MACH erzielten Erscheinungen wirklich von einer Änderung in der Thätigkeit der Bogengänge und nicht von einem andern Organ herrühren.

Entgegnung von **Tomaszewicz** (1877) wider **Mach.**

TOMASZEWICZ stellt die Lokalisierung der Drehungsempfindungen in Abrede. Wenn man in Betracht zieht, dafs mit einer Zerstörung des Gehörnervenstammes, folglich mit der Ausscheidung des Labyrinthes (Funktionsausfall des BREUERschen statischen Sinnes) keine Bewegungsstörungen eintreten, dafs bei taubstumm Geborenen die Bogengänge fehlen oder sich in rudimentärem Zustande befinden können, und dafs nach Fällen reiner otitis interna ohne Meningitis Erscheinungen von Gleichgewichtsstörungen nicht auftreten, so darf man die Lokalisierung der Bewegungsempfindungen wohl bestreiten.

Nach MACH sollen die beiden zusammengehörigen Ampullen in einem derartigen Verhältnis zu einander stehen, dafs die Funktion des einen die des andern aufhebt; dieser Hypothese gemäfs würde man erwarten, dafs Schwindelerscheinungen nach einer einseitigen Operation am reinsten und deutlichsten auftreten werden, während sich bei Reizung beider Ampullen die zwei entgegengesetzten Empfindungen doch gegenseitig aufheben oder zum Teil kompensieren; diese Voraussetzung steht aber mit den experimentellen Thatsachen im Widerspruch.

Da MACH aufserdem die Versuche an sich selbst ausführte und bei seinen Beobachtungen von der Voraussetzung des Existenz eines besonderen peripheren Gleichgewichtsorganes ausging, so mufs man einen Teil seiner Schlufsfolgerung als ein Resultat der Einbildungskraft betrachten.*)

Entgegnungen **Cyons** (1878) wider **Goltz** und **Mach.**

1. „Wie oben (S. 400) gezeigt wurde, tritt bei Kaninchen mit durchschnittenen Gehörnerven bei passiver Drehung auch Schwindel auf. Darum können die Erscheinungen PURKINJES in keinem Fall von den Bogengängen herrühren.

2. „Wie kann man annehmen, dafs die Bogengänge zur Empfindung der Drehungen des Kopfes dienen, wenn wir sehen, dafs diese Organe auch bei solchen Tieren vollständig entwickelt sind, bei welchen, wie z. B. bei den Fröschen und Fischen, der Kopf fast ganz unbeweglich ist, und welche gewöhnlich gar keine Drehbewegungen ausführen?

„Wozu sollen wir denn ein besonderes Gefühlsorgan für eine so ungewöhnliche Bewegung, wie die Drehung, besitzen und keins für viele andere, welche das Thier immer ausführt?

*) „Im Sinne seiner Hypothese wird er bestimmte Resultate erwartet haben, und solche erwarteten Empfindungen können wohl in manchem Falle mehr durch die Einbildungskraft vorgetäuscht als wirklich empfunden worden sein.“

3. „Ist es wirklich wahr, dafs wir nur die Beschleunigung der Bewegung empfinden und nicht die Geschwindigkeit selbst? — Es ist nicht schwer, sich vom Gegenteil zu überzeugen. So ist es mir z. B. ebenso unmöglich, mit geschlossenen Augen die Richtung eines Zuges festzustellen, wenn er seinen Lauf beschleunigt, als wenn er sich mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit bewegt. Dieselbe Unmöglichkeit, wenn ich mich schnell erhebe oder hinsetze. Jedoch können wir mit Hilfe der Stöfse, welche wir durch die Erschütterung des Waggons erleiden, die Geschwindigkeit der Bewegung des Zuges annähernd feststellen, sogar wenn die Geschwindigkeit eine beständige ist. Es versteht sich, dafs wir, wenn die Geschwindigkeit sich ändert und jene Stöfse unregelmäfsig werden, dann mit gröfserer Leichtigkeit die Verminderung und Vermehrung der Zuggeschwindigkeit erkennen können.

„Alle von MACH dafür angeführten Beweise, dafs die Nerven unserer Gliedmafsen, unserer Muskeln, der Haut, der Gelenke u. s. w. an den Bewegungsempfindungen keinen Anteil nehmen, sind trotz ihrer Schwäche immer noch annehmbarer als seine Hypothese, welche diese Empfindungen in den Bogengängen lokalisirt.

„Ich gestehe, dafs ich mir durchaus nicht vorstellen kann, wie man bewufste Empfindungen, welche man von allen Teilen des Rumpfes erhält, in einem kleinen Organe zu lokalisieren vermag, welches selbst keine bewufsten Empfindungen erhält. (!) Ich halte diese Lokalisierung für ebenso unlogisch und unzulässig wie diejenige, welche diesen Bogengängen das Muskelgefühl überträgt. (Anspielung auf die Erklärung BORNHARDTS, s. oben S. 461. Ref.)

„Es ist nur nötig, an uns selbst während unserer alltäglichen Bewegungen Beobachtungen anzustellen, um uns zu überzeugen, wie verschiedenartig die Quellen sein können, aus welchen wir unser Urteil über die Geschwindigkeit der Bewegungen schöpfen. So haben wir z. B., wenn wir auf einem Pferde reiten, das in hohem Trabe geht, folglich weniger aber grofse Schritte macht, die Empfindung einer langsameren Bewegung; umgekehrt gibt uns ein Pferd, welches kleine aber zahlreichere Schritte macht, die Empfindung von gröfserer Geschwindigkeit, obgleich wir uns in Wirklichkeit auf ersterem bedeutend schneller bewegen. Hier schliefsen wir folglich auf die Schnelligkeit nach der Zahl der Stöfse, welche unsern Muskeln, Gliedmafsen u. s. w. übermittelt werden.“ (Hierauf folgt noch eine Reihe von Beispielen aus dem alltäglichen Leben.)

Hydrodynamische Hypothese **Breuers** (14. November 1873).

BREUER gehört das Verdienst, als der erste eine zusammenhängende Erklärung der Erscheinungen gegeben zu haben, welche gleich nach der Durchschneidung der Bogengänge auftreten. Zur Erreichung dieses Zieles stellte er eine Reihe von Annahmen auf.

Erste Annahme.

Jeder Bogengang bildet eine ringförmige, an einer Stelle erweiterte, mit Flüssigkeit gefüllte Röhre. Wird eine solche ringförmige Röhre in

gerader Linie fortbewegt, so „bedingt die Trägheit des Wassers keine Verschiebung desselben gegen die Röhrenwände“; denn, wenn wir uns den Ring durch eine Linie in der Richtung der Bewegung in zwei Hälften geteilt vorstellen, so wird das Bestreben der beiden Wassersäulen zurückzubleiben sich an den Halbierungsstellen gegenseitig aufheben (kompensieren). Etwas ganz anderes beobachtet man in dem Falle, wenn der Ring sich dreht, oder aber einen Bogen in seiner Ebene beschreibt. Bei beginnender Drehbewegung des ringtörmigen Rohres setzt sich die in demselben eingeschlossene Flüssigkeit nach der entgegengesetzten Richtung in Bewegung (*rückläufige* Bewegung). Bei andauernder Drehung wird die lebendige Kraft dieser Gegenströmung nach und nach ganz vernichtet infolge der Reibung und Adhäsion an den Wänden (letztere tritt um so eher ein, je enger der Querschnitt ist), und die Flüssigkeit beginnt sich in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit zu drehen wie der Ring selbst. Auf diese Weise tritt für das ganze System innere Ruhe ein. Wenn man nun plötzlich die Drehung des Ringes unterbricht, so wird die Flüssigkeit nach dem Gesetze der Trägheit ihre Bewegung so lange fortsetzen, bis durch Adhäsion die ganze lebendige Kraft aufgezehrt ist (*nachläufige* Strömung oder Bewegung).*)

---

*) l. c. p. 79. „Jeder häutige Bogengang mit der seine beiden Mündungen verbindenden Partie des utriculus bildet eine kreisförmige, an einer Stelle erweiterte, mit Flüssigkeit gefüllte Röhre. Wird ein solcher Röhrenring geradlinig fortbewegt, so bedingt die Trägheit des Wassers keine Verschiebung desselben gegen die Röhrenwände; denn wenn wir uns den Ring durch eine Linie in der Richtung der Bewegung in zwei Hälften zerlegen, so wird das Bestreben des Wassers, in jeder dieser Hälften zurückzubleiben, sich an den Halbierungsstellen gegeneinander drückend kompensieren. Wenn aber ein solcher Flüssigkeitsring statt einer geradlinigen Bewegung eine Kurve in seiner Ebene beschreibt, so bleibt das Wasser um den Betrag der Winkeldrehung zurück, d. h. es verschiebt sich längs der Röhrenwände, es strömt in der Röhre. (Da der Vorgang derselbe bei jedem kreisförmigen drehbaren Massensystem ist, kann man ihn an jeder Trommel für stroboskopische Versuche, am FOUCAULTschen Apparate zum Nachweis des Satzes von der fixen Axe u. s. w. demonstrieren.)“

l. c. p. 92. „Wenn ein mit Flüssigkeit gefüllter Röhrenring seine Drehung beginnt, so macht, wie wir gesehen haben, die Flüssigkeit eine relative *rückläufige* Bewegung. Dauert die Drehung an, so wird die lebendige Kraft dieser Strömung nach und nach durch die Reibung und Adhäsion an den Röhrenwänden aufgezehrt werden, natürlich um so rascher, je enger die Röhre ist, und die Flüssigkeit bewegt sich dann mit dem Ring in gleichem Sinne und gleicher Geschwindigkeit; das System ist dann in *innerer Ruhe*. Hält der Röhrenring nun plötzlich in seiner Drehung inne, so hat doch die Flüssigkeit die lebendige Kraft ihrer Bewegung, sie wird, ihrem Beharrungsvermögen folgend, so lange im Sinne der früheren Drehung des Ringes weiter strömen, bis auch die lebendige Kraft dieser *nachläufigen* Bewegung durch die Adhäsion aufgezehrt ist.“

l. c. p. 79. „Hätte ich einen solchen Röhrenring mit Flüssigkeit gefüllt und mit irgend einem Apparate versehen (etwa in der Art des Hämotachometers von VIERORDT), welcher Richtung und Geschwindigkeit des Strömens der eingeschlossenen Flüssigkeit anzeigt, so würden die Angaben dieses Apparates jede bei Be-

Wenn man einen derartigen Röhrenring mit irgend einem Apparat verbände (z. B. nach Art des Hämotachometers von Vierordt), durch welchen sich die Geschwindigkeit und Richtung der Strömung bestimmen liefsen, so könnten wir in jedem gegebenen Moment die in dem Ringe bei der Drehung in seiner, oder irgend einer anderen Ebene vor sich gehenden Veränderungen feststellen. Wenn man jetzt drei derartige Ringe mit ihren Indikatoren unter rechten Winkeln verbände, so könnte man mit Hilfe der Angaben des Apparates die durch das ganze System im Raume ausgeführte Winkeldrehung mit Bezeichnung ihrer Richtung und Gröfse feststellen. Auf Grund des Angeführten darf man annehmen, dafs die in den Bogengängen eingeschlossene Endolymphe bei jeder Drehung des Kopfes und folglich des Labyrinthes sich in der entgegengesetzten Richtung bewegen wird: dabei mufs natürlich bei der Enge der Röhren die Reibung an den Wänden auf die Geschwindigkeit der Strömung einen wesentlichen Einfluſs haben und die Stärke der Strömung merklich verringern. Als Stärke und Richtung der Strömung der Endolymphe feststellende Indikatoren mufs man die Ampullennerven betrachten, welche in ein eigentümliches Epithel übergehen, dessen Härchen in die Endolymphe hineinragen und zur Perception der geringsten ihrer Schwankungen sehr geeignet sind.

Ein nervöser Apparat, der geeigneter wäre, Bewegungen der Endolymphe zu percipieren, wäre schwer denkbar. Wir sind im stande, mit den Gliedmafsen und Muskeln starke Bewegungen, welche zur Erhaltung des Gleichgewichts im Stehen und Gehen unentbehrlich sind, mit Hilfe der Augen und derjenigen Empfindungen auszuführen, welche uns durch den Tastsinn zugestellt werden. Darum ist es durchaus kein Wunder, dafs Taubstumme, welche keine Bogengänge haben, das Gleichgewicht bewahren können. Aber in Fällen, wo es darauf ankommt, bei einer Störung des Gleichgewichts die geringsten Veränderungen auf dem Wege des Reflexes schnell auszugleichen, tritt der Ampullenapparat in seine Rechte. Ohne einen so beschaffenen, genau und rasch funktionierenden

---

wegung der Röhre geschehene Abweichung von der geraden Richtung, jede Drehung des Röhrenringes in seiner Ebene anzeigen und zu messen erlauben; verbände ich drei solche mit Indikatoren versehene Röhrenringe miteinander, so dafs sie in verschiedenen Ebenen orientiert wären, so würden die Angaben des Apparates erlauben, bei beliebiger Bewegung desselben im Raume die geschehene Winkeldrehung nach Richtung und Gröfse zu bestimmen."

„Es scheint mir unzweifelhaft, dafs in den Bogengängen die Endolymphe bei jeder Drehung des Kopfes und damit des Labyrinths die entgegengesetzte Bewegung vollziehen mufs, bei der Enge der Röhre wird die Reibung an der Wand wesentlichen Einfluſs haben und die Stärke der Strömung merklich verringern; diese mufs aber jedenfalls vorhanden sein, und da die drei miteinander kombinierten Bogen auch in annähernd aufeinander senkrechten Ebenen liegen, so hätten wir den oben geschilderten Apparat fertig, *sobald wir auch einen Indikator fänden.* Ein solcher liegt uns aber vor Augen in den Ampullarendigungen des acusticus."

Reflexapparat wäre die Erhaltung des Gleichgewichts beim Gehen auf einem Seile, auf einem schmalen Stege, auf schlüpfrigem Fufsboden u. s. w. undenkbar. Für den Flug der Vögel mag ein derartiger Apparat von noch gröfserer Wichtigkeit sein.*)

Beweise, welche **Breuer** zu Gunsten der Möglichkeit einer Strömung der Endolymphe anführt.

I. Auf die Möglichkeit einer Schwingung der Härchen bei Bewegungen der Flüssigkeit weist uns die vergleichende Anatomie hin. Die „Seitenorgane“ LEYDIGS und F. E. SCHULTZES**) bei Fischen und Amphibienlarven bilden auf der Oberfläche der Haut hügelförmige Epithelerhebungen, welche mit 20—40 geraden, starren Haaren besetzt sind. Zu diesen Erhöhungen ziehen Nervenfasern hin.

Vermittelst dieser Organe soll jede Strömung in dem sie umgebenden Wasser von den Fischen wahrgenommen werden. Zwischen diesen Organen und den Ampullen der Bogengänge läfst sich eine Analogie aufstellen.

Zwei Thatsachen scheinen festgestellt zu sein. Erstens, dafs bei Kopfdrehungen Strömungen der Endolymphe in den Bogengängen auftreten, die in festen Beziehungen zu Richtung und Ausmafs der Kopfbewegungen stehen. Zweitens, dafs die nervösen Endorgane der Ampulle völlig geeignet erscheinen, diese Perception auszuführen. Aus der Gesamtheit der Eindrücke, welche alle 6 Ampullarnerven empfangen, bildet sich die Vorstellung von einer bestimmten Drehung des Kopfes.***)

II. Die scheinbare Drehung nach passiver Rotation, welche wir nach Beseitigung aller kompensierenden Bewegungen erleiden, rührt von den Strömungen der Endolymphe her. (Wir haben oben [S. 363] gesehen, dafs es nicht gelingt, die aktive Beteiligung der Muskeln ganz zu beseitigen; darum spricht diese Beobachtung durchaus nicht für das Vorhandensein von Strömungen der Lymphe. Ref.)

III. Die Veränderung der Augenstellung rührt von der Lageveränderung des Kopfes und des Rumpfes her.

IV. Bei Druck auf den membranösen Bogengang erhält man Kopfbewegungen nach der einen Seite und durch Ansaugen der Endolymphe nach der anderen (s. die Experimente S. 216).

V. Je nach der Anbringung von Elektroden ergeben sich Bewegungen nach verschiedenen Seiten (s. die Versuche auf S. 274).

VI. Nach Entfernung des utriculus mit den Bogengängen treten kompensatorische Bewegungen bei passiver Drehung nicht mehr auf (s. S. 342, 343).

---

*) „Dafs bei einer längeren, gleichmäfsig andauernden Drehbewegung der der Endolymphe ursprünglich gegebene Anstofs durch die Adhäsion an der Wand fortwährend und rasch vermindert wird, ist der Apparat offenbar nur für kleine Winkeldrehungen annähernd genau ... Wohl aber ist es für die feineren Leistungen der Gleichgewichtserhaltung nötig, dafs auch schon die leisesten Schwankungen des Körpers durch balancierende Reflexbewegungen beantwortet werden etc.“

**) Vgl. LEYDIG und ebenso F. E. SCHULTZE. Über die Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen und Amphibienlarven. Arch. f. mikr. Anatomie 1870.

***) „Zweitens ... dafs aus der Gesamtheit der Perceptionen der sechs Ampullarnerven die Vorstellung einer bestimmten Drehung des Kopfes gebildet werde.“

Zweite Annahme.

Jede Strömung der Endolymphe erweckt in uns die Vorstellung, dafs wir uns in der Ebene des Bogenganges, aber nach der der Strömungsrichtung entgegengesetzten Seite hin drehen. Die direkte Folge einer solchen Annahme (auch nur einer solchen, nicht einer Thatsache. Ref.) wird sein, dafs wir nach einer mehr oder weniger andauernden Drehung in irgend einer Ebene beim Stillhalten die Empfindung einer Drehung nach der entgegengesetzten Seite erleiden werden.*) Bei Drehung in der Ebene des horizontalen Bogenganges müssen wir den Kopf ganz gerade halten, bei Drehung in der Ebene des sagittalen ihn zur linken oder rechten Schulter neigen, und bei Drehung in der Ebene des frontalen das Gesicht nach unten neigen oder es nach oben wenden.**) Da die gleichnamigen Bogengänge symmetrisch gegeneinander geneigt sind, so ist es ganz unmöglich, den Kopf in einer Ebene zu drehen, in welcher beide gleichnamige Kanäle liegen. Wir müssen somit zu der Annahme greifen, dafs aus der Gesamtheit der Perceptionen der 6 Ampullarnerven die Vorstellung einer bestimmten Drehung des Kopfes gebildet werde. Die *nachläufige* Bewegung wird in den verschieden gestellten Bogengängen verschieden stark sein. — Die aus jenen Einzelperceptionen resultierende Vorstellung ist die einer rückläufigen, der früheren Drehung entgegengesetzten Bewegung; denn die Strömungen in den Bogengängen sind nachläufige, mit der Kopfdrehung gleichsinnige. So wird z. B. bei einer Drehung nach rechts, bei vertikaler Kopfhaltung, die Flüssigkeitssäule im rechten horizontalen Bogengange infolge der Gegendrehung (rückläufigen Bewegung) nach links anfangs zurückbleiben, und beginnt dann nach und nach, wie bereits oben erläutert, dem Bogengange selbst zu folgen. Im Moment der Unterbrechung der Bewegung ergibt sich eine scheinbare Drehung nicht nach rechts, sondern nach links, nach der Seite der vorausgegangenen, ursprünglichen, rückläufigen Strömung. Durch die Neigung des Kopfes gegen die Schultern, oder nach vorn und hinten werden wir allmählich den sagittalen, oder frontalen Kanal in die horizontale Drehungsebene verlegen.

Nehmen wir an, dafs der Kopf zur rechten Schulter geneigt ist und dafs wir eine Umdrehung nach rechts ausführen, so beginnen alle

*) p. 92. „Übertragen wir dies auf die Bogengänge und verbinden wir es mit unserer *Annahme*, dafs jede Strömung der Endolymphe in uns eine Vorstellung erzeugt, wir würden in der Ebene des betreffenden Ganges und in dem (der Strömungsrichtung) entgegengesetzten Sinne gedreht. Es ergibt sich daraus als notwendige Konsequenz unserer Annahme, dafs wir nach länger anhaltender Drehung unseres Kopfes in irgend einer Ebene beim Stillehalten die Empfindung haben müssen, wir würden in derselben Ebene im entgegengesetzten Sinne zurückgedreht."

**) p. 93. „Wir können den Kopf nicht anhaltend in demselben Sinne ohne den Körper drehen und wollten wir bei gerade gehaltenem Kopfe die Drehungsebene variieren, so müfsten wir uns dazu Maschinen bauen."

Gegenstände, wie wir bereits aus den Versuchen Purkinjes wissen, im Moment des Stillstehens sich nach links zu drehen, nach der Seite der ursprünglichen Gegenströmung. Wenn wir sodann den sagittalen Bogengang aus der horizontalen Ebene in die vertikale verlegen, so verlegt sich hierher auch die erste, durch rückläufige Strömung hervorgerufene Empfindung, deren Richtung in dieser neuen Lage nicht von rechts nach links sein wird, sondern von oben nach unten. Als Resultat ergibt sich eine scheinbare Bewegung von hinten nach vorn mit dem Bestreben, auf das Gesicht zu fallen.

Der Wert einer jeden Hypothese hängt davon ab, ob sie für eine grofse Reihe von Erscheinungen, welche auf den ersten Blick miteinander nichts gemein haben, eine passende Erklärung zu geben im stande ist.

Sehen wir jetzt die Erscheinungen durch, welche wir mittels der beiden oben ausgesprochenen Annahmen zu erklären vermögen.

1. Erklärung der Versuche **Purkinjes.**

Für die Drehung nach rechts läfst sich folgende Tabelle verzeichnen:

Kopfstellung; vorwaltend in der Drehebene liegende Bogengänge während der Drehung	Nachläufige Strömung der Endolymphe beim Stillstehen	Richtung der scheinbaren Drehung und gerade gestelltem Kopfe
vertikal mit nach vorn gewandtem Gesicht horiz.	nach rechts	horizontal nach links
Kopf auf die rechte Schulter geneigt sagitt.	von vorn über oben nach hinten	von hinten nach vorn überstürzend
Kopf auf die linke Schulter geneigt sagitt.	von hinten über oben nach vorn	von vorn nach hinten überstürzend
Gesicht abwärts zu Boden gekehrt frontal.	von links über oben nach rechts	von rechts nach links umstürzend
Gesicht aufwärts zur Decke gekehrt frontal.	von rechts über oben nach links	von links nach rechts umstürzend

Beim Drehen nach links beobachtet man dieselben Erscheinungen bei denselben Veränderungen der Kopfhaltung, jedoch nach der entgegengesetzten Seite. Die angeführte Tabelle ist sehr gut schematisiert, da zwei gleichnamige Kanäle nie ganz in dieselbe Ebene kommen.

2. Erklärung der Versuche von **Flourens.**

Bei Beschädigung der Kanäle fliefst entweder die Lymphe aus, oder es entsteht eine Blutung. Durch beides werden intensive Strömungen der Endolymphe bedingt, welche bei einseitiger Beschädigung Nystagmus des Kopfes und der Augen hervorrufen. Solange die Kanäle der anderen Seite, welche die anormalen Bewegungen ausgleichen, noch unversehrt sind, kann das Tier sich beruhigen. Bei beiderseitiger Verletzung der Kanäle werden die Empfindungen der Bewegung immer stärker und ziehen kompensierende

Bewegungen zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes nach sich (Reitbahnbewegungen, Bewegungen um die Quer- und Längsaxe, Drehbewegungen). Vorliegende Hypothese verfolgend, mufs man annehmen, dafs die Bewegungen durch Ausfliefsen der Endolymphe oder Bluteindringen in die Kanäle unregelmäfsig werden.

Die hierbei von seiten anderer Kanäle hervorgerufenen reflektorischen Bewegungen komplizieren das ganze Bild noch mehr, da sich hierbei der Kopf bisweilen um 180° bis zur Berührung des Scheitels mit dem Boden herumdreht. Dafs das Tier bei schwachen Erregungen ungeachtet der Schwindelempfindung nur den Kopf bewegt, stimmt vollkommen mit den allgemeinen Gesetzen für Reflexe überein, nach welchen eine stärkere Erregung eine gröfsere Anzahl von Muskelgruppen in Bewegung versetzt und umgekehrt. BREUER glaubt, dafs die Haut, die Gliedmafsen und Muskeln nach der Verletzung der Kanäle keine Veränderungen erleiden, da die GOLTZschen Tauben mit Leichtigkeit jede beliebige Stelle ihres Körpers mit ihrem Schnabel erreichen konnten (die Entgegnung auf letzte Meinung s. S. 419).

3. Erklärung der Versuche **Hitzigs.**

Auf Durchleitung eines elektrischen Stromes durch den Kopf reagierte das Labyrinth mit den Ampullen. Beim Anbringen der Elektroden in die fossa mastoidea erreicht die Kraft des Stromes für das Labyrinth ihr Maximum. Wenn man zwei Anoden in die erwähnten Gruben einführt und eine Kathode auf das Genick setzt, so erhält man bei den stärksten Strömen weder Schwindel noch Augenbewegungen. Somit ist zur Erzielung eines galvanischen Schwindels notwendig, dafs beide Kanalsysteme von verschiedenen Polen erregt werden. *Ein durchgeleiteter Strom ruft in der Endolymphe der Kanäle Strömungen mit den entsprechenden Begleiterscheinungen hervor.* *)

4. Die kompensierenden Augenbewegungen

stehen bei Veränderung der Kopfhaltung in genetischem Zusammenhang mit den einzelnen Strömungen der Endolymphe. Sie sind also nicht passiven, sondern aktiven Ursprunges.

5. Durch die hypothetischen Strömungen

der Endolymphe kann man diejenigen Bewegungen nicht erklären, welche sich noch lange Zeit nach Heilung der Wunde erhalten. Zur Entscheidung dieser Frage fehlen noch einige anatomische Untersuchungen. Obgleich FLOURENS behauptet, dafs der Kanal nach der Operation obliterirt, so mufs dies vorläufig doch noch bezweifelt werden. Vielleicht obliterirt der membranöse Bogengang nicht vollständig, so dafs möglicherweise die Endolymphe noch in Strömung geraten kann. Im entgegengesetzten Falle kann natürlich keine Rede mehr von Strömungen sein, und die Ampulle ist der Unthätigkeit verfallen.

6. Nach einseitiger Exstirpation

des utriculus kann man noch anormale Bewegungen durch Reizung der gesunden Seite hervorrufen. Dies wird durch die Befähigung der Endolymphe,

*) HITZIG erklärt die Drehungserscheinungen durch eine Fälschung des Muskelgefühls. Hiermit kann BREUER angesichts der angeführten Erwägungen nicht einverstanden sein. S. Seite 382.

die Reizung den Nervenenden mitzuteilen, bedingt. Nach beiderseitiger Extirpation beobachtet man keine Bewegungsstörungen mehr.

7. Für die Möglichkeit der Fortbewegung der Endolymphe nach verschiedenen Seiten hin sprechen noch die Versuche, in denen ein verminderter (Aufsaugen), oder vermehrter Druck auf die Flüssigkeit ausgeübt wird. (Siehe S. 216.)

Dritte Annahme.

Nach Breuer kann man in der Perilymphe einen Dämpfapparat erkennen. (Wozu derselbe dienen sollte, wird nicht erwähnt. Ref.)*)

Vierte Annahme.

Da man nicht alle Erscheinungen durch Strömungen der Endolymphe erklären konnte, so war Breuer genötigt, die Existenz noch eines normalen Erregers, nämlich der Otolithen, gelten zu lassen; von der Rolle, welche ihnen Breuer zuschreibt, wird etwas weiter unten gesprochen werden.

Erwägungen und Thatsachen, welche gegen die Existenz endolymphatischer Strömungen vorgebracht sind.

Entgegnung **Machs** wider **Breuer.**

Das Auftreten des nachfolgenden Schwindels kann man nicht den fortdauernden Strömungen der Endolymphe zuschreiben. Der Reibungskoeffizient müfste zur Erhaltung eines solchen Zustandes sehr unbedeutend sein. Wir sind deshalb genötigt anzunehmen, dafs die Empfindung länger anhält als die Reizung selbst (nach Breuer die Strömung der Endolymphe). In dem Falle sind die anhaltenden Strömungen für eine Erklärung der beobachteten Erscheinungen überflüssig. Ja noch mehr! Die Flüssigkeit tritt nur dann als Erreger auf, wenn sie in ihrer Bewegung auf ein Hindernis stöfst. Nehmen wir also an, dafs die Endolymphe ganz geringe Bewegungen macht. Selbst dann würden wir bei gleichmäfsiger Bewegung, auch nach dem Stillstande, noch eine Fortsetzung der Bewegung empfinden. Ein solches Empfinden müfste nur hindernd auf die Bewegungen der Tiere wirken. Denn die Endolymphe würde demnach z. B. nach einem Sprunge noch in Strömung bleiben (Nachbewegung) und müfste demnach Schwindel hervorrufen. Mit der Strömung der Endolymphe kann man sich die Empfindung der geradlinigen progressiven Bewegung nicht erklären, weil im Labyrinth kein Raum für progressive Nachbewegungen der Endolymphe nach dem Stillstande (von der Dauer) der Nachempfindung vorhanden ist. Derartige Strömungen sind nur für die Bogengänge zulässig, weil sie dort im Kreise vor sich gehen können.

Hitzig**) bezweifelte, dafs die Massenbeschleunigung des Labyrinth-

*) 1874, p. 117. „in der die häutigen Kanäle so zu sagen umscheidenden Perilymphe werden wir vielleicht einen Dämpfapparat erkennen".

**) Untersuchungen über das Gehirn, p. 255.

inhaltes ein genügender Erreger der Nerven sein könne. Mach gelangt auf Grund einer Reihe von Vermutungen zu dem Schlusse, dafs diese Erregung stärker sein mufs als diejenigen, durch welche Lichtempfindungen hervorgerufen werden.

Entgegnung **Bornhardts** (1875) wider **Breuer.**

l. c. p. 48. Breuer hat bei Aufstellung seiner Hypothese ganz übersehen, dafs die Bogengänge sich bei Kopfbewegungen nicht um ihr eigenes Centrum drehen; folglich kann schon aus diesem einen Grunde seine Vermutung nicht als richtig angenommen werden. Aber das ist Nebensache; bei keinem Tiere stellen die Bogengänge regelrechte Kreise von einem bestimmten Radius dar, sie bilden vielmehr recht bedeutende Krümmungen sowohl hinsichtlich ihrer Axe, als auch hinsichtlich ihrer Ebene. Schliefslich läfst auch der bei kleinen Tieren sehr unbedeutende Querschnitt der Bogengänge nicht auf eine progressive Bewegung der Endolymphe schliefsen. Es ist deswegen zu verwundern, dafs Breuer eine ganze Theorie auf einer so augenscheinlich falschen Grundlage aufgebaut hat.

l. c. p. 31. Wenn es schon unmöglich ist, ein Strömen der Lymphe in einem unverletzten Kanälchen zuzugeben, so erscheint eine derartige Strömung in einem verletzten und zusammengefallenen Kanälchen noch viel unwahrscheinlicher, besonders wenn man an die konstant bleibende Thatsache denkt, dafs das Exstirpieren des ganzen Kanals den Charakter der Bewegungen nicht verändert, sie vielmehr noch verstärkt. Nach einem derartigen Eingriff ist es schon ganz unmöglich, an irgend welches Strömen der Endolymphe zu glauben.

Trotzdem so augenscheinlich Strömungen unmöglicherweise bestehen können, sucht Breuer in möglichst detaillireter Weise darzustellen, wie diese Strömungen gleich nach den Durchschneiden des Kanals entstehen, und welche Bewegungen infolgedessen hervorgerufen werden.

Folgende durch Beobachtung ermittelte Thatsachen sprechen gegen die angenommene Strömung der Endolymphe mit nachfolgenden Schwindelempfindungen:

1. Nach mechanischer Erregung der membranösen Bogengänge, auch manchmal der nicht eröffneten knöchernen Kanäle bewegt sich der Kopf denjenigen Bewegungen diametral entgegen, welche gleich nach der Durchschneidung derselben Kanäle auftreten. Folglich mufs man annehmen, *dafs nach der Durchschneidung der Bogengänge Veränderungen in der Funktion der Ampullennerven eintreten.*

2. Die Tiere geben sich alle Mühe, den Zwang abzuwenden, welchem Kopf und Rumpf unterliegen.

a. Diese Beobachtung spricht ganz entschieden gegen Goltz, Mach und Breuer, welche annehmen, dafs die sogenannten „kompensierenden" Bewegungen durch die Empfindung des Drehens hervorgerufen werden und ein Ergebnis der *unbewufsten* Bestrebung des Tieres sind, sein erschüttertes Gleichgewicht wieder zu erlangen.

b. Wie soll man vom Standpunkte dieser Autoren nun erklären, dafs nach der Durchschneidung der hinteren vertikalen Bogengänge das Tier, welches nach der Ansicht der genannten Forscher eine Drehempfindung nach *unten* haben müfste, keine kompensierenden Bewegungen nach hinten ausführt, sondern seinen Kopf unter die Leiste des Schemels legt? —

c. Gegen die Bewegungen kompensierenden Charakters spricht noch fol-

gende schwerwiegende Beobachtung: das Tier überwindet manchmal die kreisenden Bewegungen, indem es einen bis zwei Kreise nach der entgegengesetzten Richtung beschreibt und dann ruhig stehen bleibt. So dreht sich zum Beispiel das Tier, nach der Ansicht der genannten Autoren, nach der Durchschneidung des *linken* horizontalen Bogenganges nach links, weil es eine Drehung nach *rechts* empfindet. Aber es zeigt sich, dafs das Tier bisweilen kreisende Bewegungen nicht nach links, sondern einen bis zwei Kreise nach rechts beschreibt und dann ganz ruhig stehen bleibt. Ein derartiges Faktum läfst keinen Zweifel darüber obwalten, dafs die nach der Durchschneidung der Bogengänge entstehenden Bewegungen nicht durch die Empfindung der Drehung hervorgerufen werden; darum können wir uns auch nicht mit der Theorie Breuer-Machs von der unmittelbaren Folge eines Schwindels nach der Durchschneidung der Bogengänge einverstanden erklären; wir müssen daher der mit den beobachteten Thatsachen mehr übereinstimmenden und infolgedessen der Wahrheit näher kommenden Meinung Flourens' beipflichten, dafs die Bewegungen den Charakter von Zuckungen und Krämpfen tragen.

3. Wenn wir bei Pendelbewegungen den Kopf fixieren, so vermindern wir deshalb die Augenbewegungen nicht, sondern verstärken sie noch. Wenn diese Augenbewegungen von den Strömungen der Endolymphe abhängig wären, wie Breuer behauptet, so müfsten mit dem Aufhören der Kopfbewegung ganz andere Resultate erzielt werden, weil mit Einstellung der Kopfschwankungen auch die Strömungen der Lymphe, welche die Augenbewegung auf dem Wege des Reflexes hervorrufen, schwächer werden oder ganz aufhören müfsten.

Gegen die aktive Entstehung der Augenbewegungen spricht auch noch folgender Versuch: Man hält das Kinn mit der Hand unbeweglich fest, schliefst die Augen und bemüht sich, den Kopf zum Beispiel nach links zu wenden, wobei selbstredend die den Kopf links wendenden Muskeln sich kontrahieren. Wenn man die Augen öffnet, so befinden sich beide Pupillen in den linken Winkeln der Augenhöhlen und nehmen augenblicklich ihre normale Stellung wieder ein. Diese Verschiebung der Augen fühlt man, sobald man den Versuch macht, den Kopf nach *links* zu wenden.

Es stellt sich somit heraus, dafs die unfreiwilligen Augenbewegungen selbst in solchen Fällen stattfinden, in denen von irgend welcher progressiven Bewegung der Endolymphe nicht die Rede sein kann. Hieraus müssen wir schliefsen, dafs die Augenbewegungen mindestens in einigen Fällen mit einer Kontraktion der Muskeln und nicht mit der hypothetischen Bewegung der Endolymphe im Zusammenhang stehen. Auf Grund der angeführten Beobachtung mufs man annehmen, dafs die Augenbewegungen bei passiver Drehung ebenfalls durch Muskelkontraktion, welche wir nicht immer empfinden, entstehen.

Erwiderung von **Tomaszewicz.**

Breuer bezweifelte die Möglichkeit der Obliteration des Bogenganges nach der Durchschneidung desselben nur, um die Unregelmäfsigkeiten der Bewegungen durch Strömungen der Endolymphe zu erklären. Tomaszewicz fand, dafs dort, wo eine Verwachsung oder Obliteration nicht stattgefunden hatte, im Labyrinth immer Entzündungsprozesse und Eiterungen vorhanden waren.

Erwiderung **Hensens** (1886).

Nach Hensens Ansicht sind die Bogengänge nicht Organe zur Erhaltung des Gleichgewichtes, sondern sie nehmen am Hörakte teil. (Warum?) Aufserdem kann man nicht annehmen, dafs in den Bogengängen endolymphatische Strömungen stattfinden.*)

Einige von den hier angeführten Beweisen gegen die Hypothese von endolymphatischen Strömungen werden so lange in Kraft bleiben, bis es gelingt, sich durch einen direkten Versuch von dem wirklichen Vorhandensein dieser Strömungen zu überzeugen. Breuer selbst hat bis jetzt nur indirekte Beweise für die Möglichkeit ihres Vorhandenseins vorgebracht, während dagegen direkte Beobachtungen über diese problematischen Strömungen bis jetzt zu negativen Resultaten führten.

Erwägungen und Thatsachen, betreffend die Unmöglichkeit des Auftretens endolymphatischer Strömungen infolge Durchleitung eines elektrischen Stromes.

Erwiderung **Machs** gegen **Breuer.**

Die durch einen elektrischen Strom hervorgerufenen Schwindelsymptome sind zur Bestimmung der Stelle, an welcher die Drehung empfunden wird, wenig geeignet. Vielleicht wird die ganze Schwindelerscheinung nur im Kleinhirn ohne Beteiligung des Labyrinths erzeugt.

Erwiderung **Bornhardts** (1875).

l. c. p. 65. Es ist schwer, sich eine Vorstellung davon zu machen, wie Breuer dazu kam, die Versuche Hitzigs als für seine Hypothese beweiskräftig anzusehen; er glaubt augenscheinlich, dafs der elektrische Strom die Endolymphe in Bewegung bringt und nicht auf die centralen Gehirnmassen einwirkt, eine Vorstellung, deren Richtigkeit mindestens sehr zweifelhaft ist. Der Umstand, dafs bei schwachen Strömen kein Schwindel, sondern nur eine Unsicherheit in den Bewegungen empfunden wird, kann, Bs. Meinung nach, die Ansicht Hitzigs, dafs der elektrische Strom das Muskelgefühl verändert, nur bestätigen.

Entgegnung von **Anna Tomaszewicz** (1877) gegen **Breuer.**

Die Erklärung Breuers, dafs der galvanische Schwindel durch Reizung der Bogengänge erzeugt wird, ist ganz unmöglich; denn bei Kaninchen

*) Hensen. 1886. Congrès international. Ref. Arch. f. Ohrenh. Bd. 25, p. 139. „Zum Schlusse weist H. auf die Schwierigkeiten hin, welche das Verständnis der Bewegungen des Labyrinthwassers bereite, da die zarten Nervenendigungen doch nicht stärker oder schwächer, sondern nur genau so, wie es der Wucht des andringenden Wassers entspricht, müssen bewegt werden können.“

mit beiderseitig durchschnittenem Gehörnerven hat man Zwangsdrehung beobachtet, ähnlich derjenigen, wie sie HITZIG nach der Durchleitung eines Stromes quer durch den Kopf beobachtet hat. Man mufs annehmen, dafs einige Teile des Gehirns infolge der Durchleitung des Stromes gereizt werden. (Von dem Verhalten des Stromes zu den Augen kein Wort. Ref.)

Die angeführten, zu ihrer Zeit vollständig berechtigten Entgegnungen dürften weniger stichhaltig sein, seitdem BREUER durch seine neuesten Versuche bewiesen hat (s. S. 274), dafs der Schwindel nur durch Reizung des Vorhofs mit den Ampullen erzeugt wird. Aufserdem bestätigte EWALD (S. 277) den Versuch BREUERS dadurch, dafs er einen galvanischen Strom nach vorhergegangener Exstirpation des Vorhofs und der Bogengänge bei einer Taube durchleitete, wobei keine Kopfneigungen auftraten. Es werden natürlich noch viele Experimente erforderlich sein, um diese Frage endgültig zu entscheiden, doch bis jetzt sprechen die Thatsachen zu Gunsten der Abhängigkeit des Schwindels von der Reizung einiger Gebilde des Labyrinths.

In Anbetracht der Äufserungen MACHS und ROSENTHALS über die unwahrscheinliche Existenz mehr oder weniger anhaltender Lymphströmungen und die daraus folgende völlige Unhaltbarkeit der hierauf gegründeten Hypothese schliefst sich BREUER der Ansicht MACHS an, wonach die Ampullennerven durch einen momentanen Stofs gereizt werden sollen, welcher durch den Druck der Endolymphe erzeugt wird. BREUER spricht folgende damit übereinstimmende neue Vermutung aus: Die Hörhaare der Ampullenzellen biegen sich bei jedem Drucke, welcher durch eine rasche Kopfwendung entsteht, zuerst nach der Richtung des Drucks. Die Kopfwendung nach der entgegengesetzten Richtung hat einen Gegendruck zur Folge, welcher den verbogenen Härchen ihre normale Stellung wiedergibt. Wenn die Drehung lange genug anhält, so biegen sich die Härchen anfangs nach der Seite der Drehung und gewinnen erst während der Drehung durch eigene Elastizität ihre normale Stellung wieder. Im Moment des Stillstehens geben sie in der der Bewegung entgegengesetzten Richtung nach und rufen eben dadurch die Empfindung der Drehung nach der entgegengesetzten Seite hervor.*)

---

*) 1875, p. 123. „Es ist nun von mehreren Seiten (MACH, ROSENTHAL) gesagt worden, eine solche länger dauernde Strömung der Lymphe sei bei den Reibungsverhältnissen und Dimensionen der horizontalen Gänge undenkbar, und ich mufs die *Richtigkeit dieser Einwendung anerkennen.*“

p. 125. „Die Endolymphe übt jedenfalls, auch wenn ein länger dauerndes Strömen derselben *unmöglich* ist, durch ihr Trägheitsmoment bei jeder Beschleunigung auf die nervösen Endorgane der Ampulle, die Hörhaare, einen momentanen *Druck* (wie MACH) aus. Wir müssen wohl annehmen, dafs der erregende Vorgang im Nervenendapparate, hier im Hörhaare, darin besteht, dafs dieses *gebogen* und dadurch die Druck- und Spannungsverhältnisse in ihm geändert werden. Solange (innerhalb kurzer Zeiträume) die Abänderung dauert, dauert wohl auch der Er-

Beweise zu Gunsten der letzteren Annahme.

1. Mit obiger Erläuterung kann man sich den individuellen Unterschied im Auftreten des Schwindels erklären und ebenso das Anpassungsvermögen dieses die Bewegungsempfindungen leitenden Organs. So befällt uns z. B. beim Tanzen leicht ein Schwindel, wenn wir gewöhnt sind immer nach rechts zu tanzen und uns plötzlich nach links wenden; doch nach einiger Gewöhnung, die Bewegungen auch nach dieser Seite hin auszuführen, wiederholt sich derselbe nicht mehr.

2. Durch diesen Prozefs erklären sich auch die Empfindungen, welche im Moment des Stillstehens nach der Bewegung in einer horizontalen Ebene oder nach dem Auf- und Niedersteigen entstehen.

3. An freigelegten Bogengängen kann man durch einen Druck auf dieselben eine Bewegung in verschiedenen Ebenen hervorrufen. Durch Kompression eines horizontalen Bogengangs oder durch Aufsaugen seiner Endolymphe lassen sich Bewegungen nach dieser oder jener Seite hin erzielen (s. S. 216). Die sicherste Methode, durch Veränderung des Druckes in der Endolymphe Drehungsempfindungen zu veranlassen, besteht in den Bewegungen, durch welche der Drehschwindel bei Menschen oder Tieren hervorgerufen wird. Wie schon oben gezeigt worden, sind die Erscheinungen des Drehschwindels identisch mit den nach der Durchschneidung der Bogengänge beobachteten Erscheinungen.

Erklärung einer Reihe anderer Erscheinungen, welche bei Versuchen an den Bogengängen beobachtet werden, nach **Breuer** (1875 u. 1888).

1. Wie erklärt man sich die Erscheinungen, welche nach gröberen Verletzungen auftreten?

Wie wir oben gesehen haben, ruft mechanische Reizung eines Bogenganges Kopfbewegung in der Ebene desselben, aber nach der anderen Seite hervor. Man darf wohl annehmen, dafs von den Nervenendigungen jeder Ampulle der eine Teil durch die Lymphströmung in der einen Richtung, der andere durch die entgegengesetzte erregt wird. Demnach wird auch die Kopfverdrehung, je nach dem Vorherrschen der einen oder der anderen Strö-

---

regungsvorgang in der zugehörigen Nervenfaser und die dadurch bedingte Empfindung.

„Bei den gewöhnlichen kurzen Drehbewegungen folgt dem Stofse der Endolymphe in der einen Richtung beim Bewegungsanfange alsbald der Gegenstofs in der entgegengesetzten Richtung beim Bewegungsschlufs. Die noch verbogenen Haare würden durch diesen Gegenstofs, der ja nie stärker sein kann als der Anfangsstofs, in die normale Stellung zurückgeführt werden. Erfolgt dieser Gegenstofs nicht, d. h. dauert die Bewegung des Kopfes gleichmäfsig fort, so gewinnen die Haare erst durch ihre eigene Elastizität langsam ihre ursprüngliche Gestalt wieder; bis diese hergestellt wird, haben wir, entsprechend und proportional der Verbiegung derselben, also in abnehmender Intensität, die Vorstellung einer Bewegung. Dasselbe geschieht am Schlusse einer Bewegung, wenn diese lange genug gedauert hat, dafs die Wirkung des Anfangsstofses schon ausgeglichen ist und nun keine Verbiegung der Nervenfasern mehr zu kompensieren ist. In diesem Falle erfolgt die *Verdrückung der Haare nach der entgegensetzten Richtung*, und wir haben dementsprechend die Empfindung einer der ursprünglichen entgegengesetzten Bewegung."

mung, nach dieser oder jener Seite hin stattfinden. Br. gibt allerdings zu, dafs dies eine sehr zweifelhafte Deutung ist.

2. Wird in einem durchschnittenen Bogengange der Ampullennerv durch Drehung des Kopfes gereizt? Breuer meint, es sei nicht der Fall. Dies komme wahrscheinlich daher, dafs die Kanäle nach der Durchschneidung collabieren und ihre Endolymphe ausfliefst, während die in der Ampulle übrig gebiebene Lymphe nicht genügt, um die Härchen bei der Kopfdrehung zu reizen.

(Fallen nach der Durchschneidung der Kanäle die Wände derselben, welche durch radiär angeordnetes Gewebe an den Knochenwänden befestigt sind, in der That zusammen? Wo sind die hierzu nötigen mikroskopischen Untersuchungen? Fliefst in der That so viel Lymphe aus? Ref.)

3. Weshalb gehen bei einseitiger Durchschneidung die ungeordneten Bewegungsstörungen vorüber und bei der beiderseitigen nicht?

Da beide Kanäle symmetrisch liegen, entstehen in ihnen infolge gleichartiger Reizung die Empfindungen der Drehung nach entgegengesetzten Seiten. Solche Reizungen werden nicht mehr durch normale Empfindungen der gesunden Seite ausgeglichen, wie dies bei einseitiger Verletzung beobachtet wird. Hier wirken nun von jeder Seite zwei gleiche, doch einander entgegengesetzte Erreger (gleiche Verletzungsstellen vorausgesetzt), welche sich das Gleichgewicht halten können; aber unter gewissen Umständen, bei Aufregung und Furcht, machen sie sich durch geringe Bewegungsstörungen bemerkbar.

4. Wodurch erklärt man sich die Kopfverdrehung nach der Verletzung des cavum mesooticum?

Ob dieselbe durch rasches Ausfliefsen von Endolymphe veranlafst wird, oder Folge der Blutung ist, läfst sich bis jetzt mit Bestimmtheit nicht sagen. Eins steht fest: die Kopfverdrehung beobachtet man auch in Fällen, wo das Gehirn unverletzt ist, oder wo ein Blutergufs in die Schädelhöhle und den utriculus stattgefunden hat.

5. Wird der Nervenendapparat der Ampullen bei den Kopfdrehungen in einer oder in zwei Richtungen gereizt?

Gegen die Annahme einer Reizung der Ampullennerven in zwei Richtungen haben sich Crum Brown und Mach ausgesprochen. Wenn die Reizung nur in einer Richtung stattfände, so dafs je zwei symmetrisch gelegene Kanäle die Bewegung in beiden Richtungen der ihnen entsprechenden Ebene aufnähmen, so würde das Tier, dem ein Vorhof exstirpiert wird, die Bewegungen nur nach einer Richtung ausführen können, was in der That nicht geschieht (S. 343). In dieser Weise operierte Tauben machen beim Drehen kompensierende Bewegungen mit dem Kopfe nach allen Richtungen hin, sogar bei Ausschaltung des Sehvermögens.

Aufserdem kann man durch Reizung des Bogenganges Bewegungen nach dieser oder jener Seite hervorrufen. Die Veränderung der Strömungsrichtung der Endolymphe ist nur für den horizontalen Kanal erwiesen. Für den vertikalen erzielt man dieses Resultat nur auf mechanischem Wege — durch Stiche oder Durchschneidung.

Mit seinen neueren Versuchen (1887, S. 266, 267) will Breuer beweisen, dafs „die beiden Hälften jeder Ampulle — die eine dem Kanal und die andere dem utriculus nähere — als spezifische Reaktionen entgegengesetzte Bewegungen ergeben, und zwar die *Kanalhälfte* solche nach der *anderen* Seite, *die Utriculushälfte nach der operierten* Seite zu".

6. Von dem utriculus ist so wenig bekannt, dafs weitere Betrachtungen über seine Funktion überflüssig sind. Auf einen Umstand mufs man seine

Aufmerksamkeit richten — viele übersehen das —, dafs nämlich bei Versuchen an den Bogengängen ein Teil der Erscheinungen, besonders in der nachfolgenden Periode, durch gleichzeitige Reizung der macula acustica bedingt ist. Gewöhnlich denkt man an diese Komplikationen nicht. Br. will schon jetzt die Vermutung aussprechen, dafs die „Kopfverdrehung" ohne Beteiligung des Gehirns durch Reizung der maculae acusticae hervorgerufen werden kann.

7. Die kompensierenden Augenbewegungen hängen zum Teil von der Reizung der Bogengänge, zum Teil auch von derjenigen des utriculus ab. Aufser dem Augennystagmus beobachtet man noch die sogenannte *persistierende* Augendrehung, welche durch Reizung der maculae acusticae hervorgerufen wird.

Diese persistierenden Lageveränderungen der Augen treten bei seitlicher Lage und beim Vor- oder Zurückbiegen des Kopfes auf, und werden im ersten Falle durch Kontraktion der m. obliqui, im zweiten Falle durch Kontraktion der oberen und unteren musculi recti der Augen veranlafst. Diese persistierende Augendrehung beobachtet man, wie gesagt, bei Veränderung der Kopfhaltung in vertikaler Richtung. Beim Drehen des Kopfes um die Vertikalaxe in der horizontalen Ebene entsteht nur Nystagmus. Ein Gleiches wird auch bei Tieren beobachtet. Durch die Bogengänge allein kann man sich diese Bewegungsunterschiede nicht erklären. Nur die Otolithen, welche infolge ihrer Schwere auf die Nervenendigungen der maculae acusticae einen Druck nach unten ausüben, sind dazu geeignet, als Index der Neigungen des Kopfes gegen die Vertikale zu dienen. Hiernach würde durch die Bogengänge die Drehgeschwindigkeit und durch die maculae mit den Otolithen die senkrechte Stellung des Tierkörpers festgestellt.*)

Hydrodynamische Hypothese von **A. Crum Brown** (19. Januar 1874).

Ganz selbständig und fast gleichzeitig mit Mach und Breuer kam C. Brown zu dem gleichbedeutenden Schlusse, dafs sich im Ohr ein Organ befinden müsse, welches die Kreisbewegungen empfindet.

Auch er wies auf die Zugehörigkeit z. B. des linken sagittalen und rechten frontalen Bogenganges zu einem System zweier miteinander parallelen Ebenen hin.

Aufserdem vermutet Brown, dafs die Endigungen der Ampullennerven durch den endolymphatischen Strom nur nach *einer* Seite hin gereizt werden. Dafs der sagittale Bogengang der einen und der frontale der anderen Seite in Bezug auf ihre Funktion gleiche Bedeutung haben, hat Breuer, wie wir gesehen haben, durch Experimente zu beweisen gesucht (1875, S. 248).

Browns Gedankengang ist folgender: Die Wendung des Kopfes um eine Axe, welche senkrecht zur Ebene irgend eines Kanals steht, ruft in dem Inhalt desselben eine Bewegung hervor, durch welche die Am-

*) p. 135. „In den Bogengängen findet man keinen Anhaltspunkt zur Erklärung solcher Unterschiede: wohl aber scheint der Otolith und sein Schwerdruck gegen die Nervenenden der macula acustica trefflich geeignet, ebenso als Index der Neigung des Kopfes gegen die Senkrechte zu dienen, wie das Trägheitsmoment der Endolymphe in den Kanälen als Index rotatorischer Beschleunigungen."

pullennerven gereizt werden. Das ursprüngliche Strömen der Lymphe wird bei längerer Drehung infolge Reibung der Endolymphe gegen den membranösen Bogengang und der Perilymphe gegen den membranösen Bogengang und das Periost allmählich bis zum völligen Aufhören abgeschwächt. Bei gleichmäfsig fortdauernder Drehung wird sich die Empfindung der Drehung allmählich abstumpfen und bald ganz verschwinden. Die Zeitdauer, welche zur Beruhigung des Kanalinhaltes erforderlich ist, hängt von der Drehungsgeschwindigkeit, von den Gröfsenverhältnissen des Kanals und der Art der Befestigung des membranösen Bogenganges an dem Periost ab. Diese Bedingungen sind nicht für alle Kanäle die gleichen, weshalb auch die Drehungsempfindung bei verschiedenen Kopfhaltungen nicht in allen Kanälen gleichmäfsig schnell erlischt. Anderseits wird mit dem Aufhören der Drehung der Inhalt des Kanals seine Bewegung in derselben Richtung fortsetzen und hierbei den Schein einer Drehung nach der entgegengesetzten Seite erwecken; auch diese Empfindung erlischt nach und nach.

Bei allen untersuchten Tieren hat es sich herausgestellt, dafs der äufsere (horizontale) Bogengang des einen Ohres fast in derselben Ebene liegt, wie der entsprechende Bogengang des anderen Ohres, und dafs der obere (sagittale) Bogengang der einen Seite zu dem hinteren (frontalen) Bogengang der anderen Seite beinahe eine Parallele bildet. Den Bogengängen entsprechend erhält man drei Axen.

1. Eine senkrechte Axe (beim Menschen ist diese Axe bei gewöhnlicher Kopfhaltung nicht ganz senkrecht; sie kommt erst bei geringem Vorneigen des Kopfes in eine senkrechte Lage), perpendikulär zur Ebene der äufseren (horiz.) Bogengänge.

2. Die zweite Axe, welche beim Menschen annähernd durch das linke Auge nach dem rechten Warzenfortsatz führt, bildet einen rechten Winkel mit den Ebenen des oberen rechten (sagit.) und linken hinteren (front.) Bogenganges.

3. Die dritte Axe führt durch das rechte Auge und den linken Warzenfortsatz perpendikulär zu den Ebenen des linken oberen und rechten hinteren Bogenganges. Unter den Tieren bemerkt man eine grofse Verschiedenheit in der Gröfse und Anordnung der Bogengänge, doch ihr Verhältnis zu einander ändert sich nicht.

Zur Erklärung der uns interessierenden Erscheinungen mufs man annehmen, dafs die Ampullennerven nur durch die Strömung nach einer Seite erregt werden, und zwar durch diejenige, welche in der Ampulle anfängt und sich dem Kanal zuwendet. Strömungen vom Kanal zur Ampulle bleiben ohne Einflufs. Da jeder Kanal nur an einem Ende eine Ampulle besitzt, so dürfen wir annehmen, dafs während einer Drehung nur ein bestimmter Kanal der einen Seite, bei entgegengesetzter Drehung in derselben Ebene der entsprechende Kanal der anderen Seite erregt wird.

Somit ist im Ohr ein Organ zur Feststellung der Drehungsempfindungen vorhanden (we possess a sens of rotation quite distinct from all our olther senses).

Erwiderungen gegen

Mach, Breuer und Crum Brown.

Erwiderung **A. Böttchers** (19. Juni 1874.)

Mach und Breuer rechnen mit dem Gleichgewichtsorgan wie mit einer bekannten Gröfse. Darum habe es keinen Zweck, ihren Betrachtungen zu folgen.*)

Entgegnung **Machs** und **Breuers** wider **Böttcher.**

Auf diesen letzten Ausspruch Böttchers folgten eine Reihe sehr gerechtfertigter Bemerkungen von seiten Machs und Breuers, durch welche sie bewiesen, dafs Böttcher alle Flourenssschen Erscheinungen willkürlich Verletzungen des Nervensystems zuschreibt. Man kann unmöglich zugeben, dafs die bei der Berührung des membranösen Bogenganges mittels einer Borste beobachteten Bewegungsstörungen von einer Verletzung des Gehirns oder von einer mechanischen Reizung seiner Bestandteile abhängen sollen. Es genügt, auf dieses eine Faktum hinzuweisen, um das Irrtümliche der Böttcherschen Behauptungen darzuthun.**)

---

*) l. c. p. 59. „Noch schneller kann ich über die Abhandlungen von Mach und Breuer hinweggehen. Beide operieren mit dem Gleichgewichtsorgan wie mit einer gegebenen Gröfse. Es hat daher gar keinen Zweck, den daran geknüpften Betrachtungen zu folgen. Die ganz allgemein gehaltenen Angaben über einzelne wenige experimentelle Versuche, die sich bei Breuer finden, sind nicht entscheidend.“

**) Mach (1875, p. 48) bemerkt über Böttcher folgendes:

l. c. p. 46. „Diejenige Arbeit, welche sowohl durch die Zahl der Versuche als auch durch die Entschiedenheit der Sprache am meisten imponieren möchte, indem sie so ziemlich alles in Abrede stellt, was bisher über den Flourenssschen Versuch als richtig angenommen wurde, ist die von Böttcher.“

„Wie wir also sehen, spielen bei Böttcher Hirnverletzungen, welche Flourens in Abrede stellt, die Hauptrolle. Störung im Hirn hat Böttcher als wahrscheinliche Ursache der Kopfverdrehung aufgewiesen. Dafs solche Störung auch Ursache der für uns wichtigen Drehungen und Pendelbewegungen seien, ist, wie man aus seiner Abhandlung ersehen kann, eine blofse Vermutung. Auch sonst sind seine Deduktionen nicht frei von Willkürlichkeit. Es ist schwer einzusehen, warum bleibende Gleichgewichtsstörungen nach der Bogengangsoperation eintreten müfsten, wenn die Goltzsche Theorie richtig wäre. Können denn nicht die Nervenendapparate in einem Falle ihre Empfindlichkeit behalten, im anderen dieselbe einbüfsen, so dafs im letzteren Falle auch die von Reizungen herrührenden Störungen verschwinden? Treten denn die Bewegungsstörungen überhaupt so regelmäfsig und maschinenmäfsig auf, dafs es überraschen mufs, sie einmal mehr im Gange, ein andres Mal mehr im Fluge entwickelt zu sehen? Was das fortwährende Leugnen des Schwindels nach der Bogengangoperation betrifft, so möchte ich den Leser

Erwiderung **Bornhardts** (1875).

Gegen die Annahme MACHS, BREUERS und BROWNS, dafs sich die Endolymphe bei jeder Wendung des Kopfes in Bewegung setzt, sprechen folgende Thatsachen:

„1. Die Bogengänge sind nicht Abschnitte eines Kreises, sondern, im Gegenteil, sie bilden fast bei allen Tieren komplizierte Biegungen, sowohl längs der Axe, als auch in der Fläche.

„2. Ihre Spalte ist bei vielen niedrigen Tieren so klein, dafs schon allein die Kapillarität ihres Lumens den Gedanken über eine mögliche Versetzung der Endolymphe nicht zuläfst, wenn die Bogengänge sich sogar als Segmente regelmäfsiger Kreise darstellen würden. Endlich

„3. ist auch die Lage dieser Kanäle hinsichtlich des Centrums der Kopfdrehung dem Versetzen der Endolymphe bei den Wendungen des Kopfes nicht günstig. Nachdem MACH sich auf experimentellem Wege sowohl als ebenfalls auf Grund gewisser theoretischer Anschauungen überzeugt hat, dafs eine Versetzung der Endolymphe, wie sie BREUER versteht, infolge der zu kleinen Spaltung der Bogengänge nicht zulässig sei, so nimmt er an, dafs bei einer jeden Wendung des Kopfes der Inhalt der halbkreisförmigen Kanäle streben wird eine Gegendrehung zu erzeugen, und dafs nämlich die halbkreisförmigen Kanäle am meisten dazu geeignet sind, dafs ihr Inhalt streben könne, eine ähnliche Gegendrehung hervorzubringen.

„Infolge dessen, dafs dieser Bewegungsantrieb der Flüssigkeit dennoch in

---

bitten, eine Taube oder ein Kaninchen auf der Centrifugalmaschine in Rotation zu versetzen. Das Experiment ist leicht ausgeführt und spricht deutlich. Sind die Ampullennerven bestimmt, auf mechanische Reize zu reagieren, so ist es ganz selbstverständlich, dafs der Erfolg der Operation im geraden Verhältnisse zur Zerrung der Bogengänge stehen wird. Natürlich würden auch die Ampullennerven nicht gereizt, wenn man die Bogengänge ganz ohne mechanische Wirkung auf erstere durchschneiden könnte. Wenn von mechanischen Ampullenreizungen Störungen im Hirn schwer zu trennen sind, so ist anzuerkennen, dafs das Experiment unrein ist. Willkürlich aber ist es, von den beiden Eingriffen, Zug am Nerv und Fortpflanzung dieses Zuges ins Hirn, blofs den letzteren als wirksam zu betrachten. Wird einmal zugegeben, dafs Pendel und Drehbewegungen mit der Durchschneidung der Bogengänge selbst zusammenhängen, so scheint mir auch nach der BÖTTCHERschen Arbeit die natürlichste Ansicht noch immer die von mir aufgestellte, dafs die Ampullennerven vermöge ihrer spezifischen Energie jeden Reiz mit einer Drehempfindung beantworten."

„Was die Bemerkung BÖTTCHERs über meine Abhandlung betrifft, dafs ich mit dem Gleichgewichtsorgan wie mit einer gegebenen Gröfse operiere, und es demnach keinen Zweck hätte, den daran geknüpften Betrachtungen zu folgen, so habe ich dagegen nur folgendes zu bemerken. Er scheint hierbei nicht beachtet zu haben, dafs Vivisektionen weder das einzige, noch das beste Mittel sind, physiologische Thatsachen kennen zu lernen oder deren Theorien zu prüfen. Sonst würde er bemerkt haben, dafs meine Arbeit gröfstenteils Versuche enthält, welche für sich schon einen gewissen Wert behalten, auch wenn der FLOURENSsche Versuch gar nicht existiert, und die zu einer allgemeinen Theorie führen, an welcher die Hauptsache durch das Aufgeben des Gleichgewichtsorgans in den Halbcirkelkanälen gar nicht affiziert wird. Doch sprechen diese Versuche für das *Gleichgewichtsorgan* und werden daher auch für die Beurteilung des FLOURENSschen Experimentes nicht so gleichgültig sein, als Herr BÖTTCHER meint."

keine wirkliche Bewegung der Flüssigkeit übergehen kann, erzeugt letztere bei den Bewegungen des Kopfes einen Druck auf die Wände der Ampullen und namentlich auf den hervortretenden Rand der cristae acusticae, in welchen sich die Nervenenden befinden.

„Vieles spricht dagegen, dafs eine regelmäfsige Krümmung (Krümmungslinie) des Kanals irgend welche Bedeutung habe: so haben die halbkreisförmigen Kanäle nur bei den Menschen eine gleichmäfsige Krümmung, und das auch nur der horizontale und der hintere vertikale, während der grofse vertikale Kanal, sich der Ampulle nähernd, eine völlig gerade Richtung hat. Bei den Vögeln ist die Krümmung der Kanäle noch unregelmäfsiger. —

„Mach glaubt, dafs nur der Trieb der Ampulle zu dem halbkreisförmigen Kanale unter der Gestalt einer Drehung des Körpers nach der entgegengesetzten Seite empfunden wird. So wird bei dem Drehen des Körpers nach der Richtung des Uhrzeigers die linke horizontale Ampulle zum Kanale hingetrieben werden, woher auch die Empfindung der Drehung nach rechts hervorgerufen wird.

„Aber dies wäre richtig, wenn die Wand der Ampulle auf der Fortsetzung des durch die äufsere Wand des halbkreisförmigen Kanals gebildeten Bogens liegen würde, was wir indes nicht finden; die Wand der horizontalen Ampulle, auf welcher die crista liegt, ist mit der Mittel- (medianen) Fläche des Körpers fast ganz parallel und liegt auf der der Konvexität des Kanals entgegengesetzten Seite: folglich wird die Ampulle des linken horizontalen Kanales bei der Drehung nach rechts danach streben, sich von dem Kanale zu entfernen.

„Aufserdem, wenn die Voraussetzung Machs richtig wäre, müfste der durch die Kanäle gebildete Bogen mit der Richtung des bei den Bewegungen mit dem Kopfe beschriebenen Bogens parallel sein, mit ihr zusammenfallen, und die Ampullen müfsten sich auf diesem Bogen befinden, aber die Kanäle scheinen zu der ihnen zugeschriebenen Funktion wenig geeignet zu sein.

„Und so läfst schon die blofse anatomische Lage der halbkreisförmigen Kanäle den Gedanken über das mögliche Dasein eines Strebens der Endolymphe zur Gegendrehung nicht zu.“*)

Erwiderung **Cyons** (1878).

Cyon gibt nicht zu, wie er dies schon früher im Jahre 1864 erklärt hatte, dafs es besondere centrale oder periphere Organe geben solle, deren Aufgabe es sei, die Koordination der Bewegungen zu vermitteln. Er bestreitet von neuem, dafs für die Regulierung der Bewegungen eine bestimmte Stelle im Nervensystem ausfindig gemacht werden könnte.

Die Annahme einer Bewegung der Endolymphe wäre zulässig, wenn es sich nicht um Kanäle von kapillärem Durchmesser handelte. In derartigen Kanälen mufs jede Bewegung durch den Widerstand der Wand und die gegenseitige Reibung der Flüssigkeitsschichten sogleich aufgehoben werden. Dieser Widerstand wird noch durch die zähe Konsistenz der Endolymphe erhöht.

Die Behauptung Machs, welcher an Stelle einer Bewegung der Endolymphe einen momentanen Druck als Erreger der Ampullarnerven annimmt, ist vom physiologischen Standpunkte ebenso undenkbar, als die Hypothese Breuers vom physikalischen Standpunkte aus.

Die von diesen Autoren vorgeschlagene Theorie von der Funktion der

*) Pflügers Archiv; Bd. 12. 1876 p. 516.

Bogengänge verlangt eine gewisse Dauer der durch die Flüssigkeitsbewegungen hervorgerufenen Empfindungen. Wie kann man annehmen, dafs eine derartige Erregung der Nervenendigungen durch einen momentanen Druck erzeugt wird, welcher nur beim Beginne der Kopfbewegung zum Ausdruck kommt. Unsere physiologischen Begriffe von dem Verhältnis der Dauer der Reizung zur Dauer der Empfindung gestatten eine derartige Annahme nicht.

Es stehen demnach alle in letzter Zeit vorgebrachten Berichtigungen zu Gunsten der Goltzschen Hypothese über die Rolle der Endolymphe im Widerspruch mit den Gesetzen der Hydrodynamik und Psychophysik.

Die Struktur der Bogengänge ist für eine Gegendrehung der Flüssigkeit nicht günstig.

Mach behauptet, dafs nur die Strömung der Flüssigkeit von der Ampulle zum Bogengange als eine Drehung des Körpers nach der entgegengesetzten Seite empfunden wird. So wird also bei der Drehung des Körpers in der Richtung eines Uhrzeigers ein Bewegungsantrieb von der linken horizontalen Ampulle zum Kanale stattfinden, wodurch die Empfindung einer Drehung nach rechts hervorgerufen wird.

Das würde zutreffen, wenn die Wand der Ampulle in der Verlängerung des Bogens läge, welchen die äufsere Wand des Bogenganges bildet, was aber nicht der Fall ist.

Aufserdem müfste, wenn die Annahme Machs richtig wäre, der Kanalbogen parallel dem Bogen liegen, welchen der Kopf bei den Bewegungen beschreibt, und mit der Richtung desselben zusammenfallen, auch die Ampullen müfsten sich auf diesem Bogen befinden; doch die unregelmäfsige Formen darstellenden, fast kreisförmigen, an den Ampullen eine starke Ablenkung bildenden Kanäle erscheinen für die ihnen von Mach zugeschriebene Funktion wenig geeignet.

Es verbietet demnach schon die anatomische Einrichtung der Bogengänge den Gedanken an die Möglichkeit eines Strebens der Endolymphe zur Gegendrehung.

Erwiderung von **Delage** (1888).

Um die Richtung der Flüssigkeitsbewegung im Labyrinth zu konstatieren, stellte Delage einen utriculus mit einem Bogengange in grofsen Dimensionen aus Glas dar. Dieses Glasmodell wurde mit Flüssigkeit gefüllt, in welcher kleine Teilchen irgend eines unlöslichen Stoffes suspendiert waren. Versetzte man den Apparat in schnelle Drehung, so konnte man bemerken, dafs die eingeschlossene Flüssigkeit sich (infolge ihrer Reibung an den Wänden) nur wenig bewegte. Hörte man mit der Drehung auf, so bewegte sich die Flüssigkeit in der Richtung der stattgehabten Drehung, doch war diese Bewegung sehr schwach und nur an den mittleren Partieen bemerkbar.

Ganz anders verhält sich aber die Sache bei langsamer Drehung. Die Flüssigkeit kommt hier nur nach und nach in kreisende Bewegung, und beim Aufhören mit der Drehung findet eine schnelle und anhaltende Nachbewegung in der Richtung der stattgehabten Drehung statt.

Aus dem angeführten Versuch wird uns klar, weshalb wir unbedeutende Drehbewegungen empfinden und warum wir bei einer Drehung von geringerer Dauer keine Empfindungen der Gegendrehung wahrnehmen. Aufserdem wird uns das Machsche Gesetz von der Abwesenheit jeglicher Drehempfindung bei gleichmäfsiger Bewegung verständlich.

Delage pflichtet Mach darin bei, dafs die aufserordentliche Kleinheit

des Querschnittes der Kanäle eine Fortbewegung der Endolymphe in ihnen wenig wahrscheinlich macht.

Durch den Druck der Endolymphe (Mach) auf die Wände der Kanäle kann man sich nur solche Empfindungen erklären, welche durch Veränderung in der Geschwindigkeit der Bewegung hervorgerufen werden, aber nicht die Nachempfindung, welche nach gleichmäfsiger Bewegung von kurzer Dauer oder im Augenblick des Stillstandes nach schneller Drehung erfolgt. Diesen Widerspruch sucht Mach dahin zu erklären, dafs die Anfangsreizung in Gestalt eines Druckes eine Empfindung in uns hervorruft, die noch längere Zeit nach dem Aufhören des eigentlichen Druckes fortbesteht. Doch ist die angeführte Erklärung nicht ausreichend, da wir bei einer derartigen Annahme zwei gleichmäfsige Bewegungen von gleicher Geschwindigkeit, aber ungleicher Dauer auf vollständig gleichartige Weise empfinden müfsten. Die Versuche von Delage weisen aber darauf hin, dafs jede dieser Bewegungen eine verschiedene Empfindung hervorrufen mufs.

C. Die Otolithen als normale Erreger.

Die Hypothese von den Otolithen (nach **Breuer**).

Schon oben haben wir gesehen, dafs man mit der Hypothese von Endolymphströmungen die Bewegungsstörungen zwar ziemlich befriedigend, nicht aber die Fähigkeit, das Gleichgewicht des Körpers während der Ruhe zu erhalten (die Statik), noch die Empfindung der progressiven *geradlinigen* Beschleunigung erklären kann. Breuer stellte nun eine neue Hypothese auf und sah die Otolithen als normale Erreger eines Teiles des Endapparates des Ohrlabyrinths während *der Ruhe und der geradlinigen Beschleunigung* an.

Die Bogengänge mit den Ampullen sollen, wie bereits besprochen, einen Apparat für die Empfindung der *Drehungen* des Kopfes und Körpers darstellen. Dies erklärt uns aber noch nicht, auf welche Weise man die Empfindung von der stabilen Lage des Kopfes und der Bewegung in *gerader Linie* erlangt. Es sind jedoch Erscheinungen vorhanden, welche zu der Annahme nötigen, dafs wenigstens für die Bewegungen in gerader Richtung ein feines Perceptionsorgan existieren mufs.

Man kann folgende, bis jetzt durch direkte Beweise allerdings nicht unterstützte Hypothese aufstellen.

Die Nervenendigungen der Ampullen, wo Haare in die Flüssigkeit ragen, scheinen zur Wahrnehmung geradliniger Bewegung ungeeignet, weil die in einem geschlossenen ringförmigen Rohr enthaltene Flüssigkeit bei geradliniger Bewegung desselben durch den Gegendruck der Wand an jeder Strömung verhindert wird. Wenn aber in der Flüssigkeit Körper suspendiert sind, welche ein von dem der Flüssigkeit verschiedenes spezifisches Gewicht haben, so werden dieselben bei jeder geradlinigen Bewegung zurückbleiben und beim Stillstehen die Bewegung in derselben Richtung eine Weile fortsetzen. Solche Körper stellen im

Labyrinth die Otolithen dar. Dieselben erwecken in uns, indem sie einen beständigen Druck auf die Haare der Zellen vermöge ihrer Schwere ausüben, während der Ruhe die Empfindung einer ruhigen Lage des Kopfes; sie bestimmen durch den Druck nach unten die vertikale Stellung.

Es scheint aufser Zweifel zu stehen, dafs sich jede Veränderung in der Geschwindigkeit der Bewegungen des Tieres an den Otolithen in Gestalt einer Lageveränderung und eines Zuges oder Druckes derselben wiedergibt. Dafs die Otolithen Schallbewegungen des umgebenden Mediums resonierend verstärken, ist möglich und wird allgemein angenommen. Wenn wir bei einem Tiere einen Otolithen in einem Bläschen, auf welchem sich ein Nerv ausbreitet, vorfinden, wie bei den niederen Tieren, so können wir von vornherein nicht entscheiden, ob dieser Apparat zum Hören oder für die Wahrnehmung der Körperbewegungen bestimmt ist. Wenn man bedenkt, wie wichtig für Wassertiere die Empfindung ihrer durch die verschiedensten Wasserströme veranlafsten passiven Bewegungen ist, und wie bei niederen Tieren die Gehörbläschen schon dort auftreten, wo die Augenanlage kaum durch einen Pigmentfleck angedeutet ist, dann scheint die Vermutung nahe liegend, dafs die primitive Funktion, die erste Leistung des die Stöfse des Otolithen percipierenden Bläschens darin besteht, die Bewegungen des Körpers wahrzunehmen. Dieses einfache Gebilde entwickelt sich differenzierend bei höheren Tieren: in ein Organ zur Perception der Bewegung (Bogengänge und utriculus) und in ein Organ zur Wahrnehmung der Schallschwingungen (die Schnecke). Die kompliziertere Organisation des Labyrinths bei höheren Tieren entspricht somit nur der Trennung der Funktion. In diesem Zusammenhange würde es erklärlich, wieso in demselben Organ zwei anscheinend so verschiedene Funktionen des Hörens und der Bewegungsperception in den beiden Teilen eines und desselben Organes verbunden sind.

Dieser originelle Gedanke Breuers hat seinerzeit nicht die gehörige Aufmerksamkeit auf sich gezogen und blieb einige Zeit ohne Bestätigung durch Experimente.

Die funktionelle Aufgabe der Otolithen ist nur teilweise durch die Experimente von Y. Delage erklärt worden. Steiner hat dessen Schlufsfolgerung allerdings widersprochen (S. 192).

Es bedarf noch vieler Versuche zur Darlegung der Funktion der Otocyste, welche vermutlich die erste Anlage des Gehörorgans vorstellt.

Auf Grund einer Reihe von Erwägungen, welche wir S. 433 angeführt haben, kam Delage zum Schlufs, dafs durch Vernichtung der Funktion der Otocyste Erscheinungen von Gleichgewichtsstörung hervorgerufen werden. Er ging an eine noch schwierigere Frage heran, indem er die Art und Weise, wie das sogenannte Gehörbläschen seine Funktion wohl verrichten möchte, zu ergründen suchte.

Hierzu müfste man sich folgende Frage stellen: wirkt die Otocyste

auf die Bewegung auf dem Wege des Reflexes oder erweckt sie bewufste Empfindungen, welche sich durch willkürliche Handlungen kundgeben? Die Beantwortung im Sinne des ersten Teiles der Frage verdiene aus folgenden Gründen den Vorzug. Nur reflektorische Bewegungen vollziehen sich schnell und präzis. Die Eindrücke, welche erst zu unserem Bewufstsein gelangen müssen, um sich dann durch diese oder jene Bewegung kundzugeben, kennzeichnen sich immer durch langsameres Vorgehen. Letzteres kann man besonders bei Tieren beobachten, welche der Gehörbläschen beraubt und somit genötigt sind, ihre Bewegungen durch Empfindungen anderer, für diesen Zweck nicht ausgebildeter Organe zu regulieren. Mit Hilfe der letzteren können die Tiere regelrecht sich nur sehr langsam fortbewegen: jede schnellere Bewegung wird sofort unregelmäfsig, infolge Abwesenheit des Organs, welches die Eindrücke rasch und sicher zu den erforderlichen Muskeln leitet. Daraus kann man aber anderseits nicht schliefsen, dafs die in dem Nerven durch ein Gehörbläschen hervorgerufene Erregung nicht bewufstes Empfinden verursache.

Das Gehörbläschen ist ein Prototyp des Gehörorgans der höheren Tiere. Wenn wir die Stufenleiter der Entwickelung der Tiere verfolgen, so können wir alle Veränderungen sich abspielen sehen, welchen sich dieses anfänglich einfache Organ unterzieht, bevor es sich in das Labyrinth der Säugetiere umgestaltet. Ein solcher morphologischer Zusammenhang läfst voraussetzen, dafs auch die primitiven Verrichtungen des Bläschens in irgend einer Abteilung des komplizierten Gehörorganes noch erhalten sein müssen. Das ursprüngliche Gehörfleckchen, welches bei Wirbellosen das Geräusch percipiert (aus welchem Versuche ist das ersichtlich? Ref.) und ihre Bewegungen reguliert, spaltet sich nach und nach in eine ganze Reihe von Endapparaten.

Die macula acustica sacculi nimmt die Geräusche auf, die macula acustica utriculi dient als Regulator der Bewegungen, die cristae der Bogengänge kompensieren die Bewegungen des Kopfes und der Augen, und die Schnecke endlich nimmt die Töne auf und bestimmt ihre Höhe und ihre Klangfarbe.

Die Erregung des Endapparates des Bläschens selbst nun geschieht wahrscheinlich auf rein mechanische Weise, d. h. durch Bewegung der Lymphe oder des Otolithen. Es wäre demnach dem Gehörbläschen, wie es scheint, eine doppelte Funktion angewiesen: erstens dient es als Gehörorgan und zweitens als Organ, welches die Bewegungen des Tieres reguliert. Welche dieser beiden Funktionen ist nun als die wesentlichere zu betrachten?

In dieser Hinsicht besteht jedenfalls ein Unterschied unter den verschiedenen Tieren. Bei den Acephala, welche ein weniger bewegliches Leben führen, mufs die Gehörfunktion des Gehörbläschens als die diesem

Tier nützlichere vorwiegen.*) Dagegen nimmt in der Otocyste von Cephalopoden und Crustaceen die Fähigkeit, die Bewegungen zu regulieren, wohl die erste Stelle ein. Es genügt, nur einmal die ungeordneten Bewegungen der Tiere zu sehen, denen die Otocysten entfernt sind, um zu dem Schlusse zu gelangen, daſs der Verlust des Gehörs für sie von geringerer Bedeutung sein wird, als der Verlust des Gleichgewichtes. Gegen die Schlufsfolgerung auf die regulierende Bedeutung des Bläschens kann man folgenden gewichtigen Einwand erheben. Wenn die Otocysten den Mollusken und höheren Krebsarten zur Erhaltung des Gleichgewichtes notwendig sind, so frägt es sich, auf welche Weise die anderen Wirbellosen ihr Gleichgewicht erhalten, welche dieses Organ nicht besitzen? Dieser Einwand verliert jedoch seine Bedeutung, wenn man bedenkt, daſs es aufser den Gehörbläschen auch noch andere Sinnesorgane gibt, welche die Rolle eines Regulators der Bewegungen übernehmen, wie man dies aus den Versuchen an Palämon und Mysis schliefsen kann. Man mufs demnach annehmen, daſs die Insekten ihre Bewegungen vermittelst des Sehorgans regulieren. Die bis jetzt in dieser Richtung unternommenen, wenig zahlreichen und unzulänglichen Versuche haben die bezüglich der Insekten ausgesprochene Vermutung bestätigt.

Auf Grund der Versuche von Delage, und auf vergleichend-anatomische Beweise sich stützend, hat Engelmann (1887) Ansichten ausgesprochen, welche alle Beachtung verdienen:

1. Hiernach spielen die Otolithen die Rolle der automatischen Regulatoren des Gleichgewichts. Immer findet man Otolithen bei frei sich fortbewegenden Tieren, doch fehlen sie bei vielen (wenn nicht bei allen) unbeweglichen oder langsam kriechenden Formen.

2. Tiere, welche in ihrem Anfangsstadium sehr beweglich sind, besitzen einen Otolithen, welcher vollständig verschwindet oder zerfällt, sobald sich diese Tiere an irgend einem Orte festsetzen und sich in unbewegliche Formen verwandeln.

3. Die Gehörbläschen sind häufig in einem weichen, unelastischen Gewebe eingeschlossen, welches für das Durchdringen von Schallwellen wenig geeignet ist (wie bei vielen Mollusken).

4. Die Otolithen befinden sich auf oder zwischen den Endigungen

*) l. c. p. 22. „La vésicule auditive simple du vertébré primitif aurait eu pour fonction, comme l'otocyste de l'invertébré, de percevoir *les bruits* et régulariser la locomotion. Elle se serait séparée d'abord en deux parties affectées chacune à l'une de ces fonctions, le saccule pour la première, l'utricule pour la seconde. Enfin, peu à peu se seraient développés les diverticules de ces parties centrales, le limaçon pour percevoir *les sons* avec leurs qualités de hauteur et de timbre et non plus sous la forme de bruit ne différant entre eux que par leur intensité, et les canaux semi-circulaires peut-être pour provoquer les mouvements des yeux compensateurs de ceux de la tête, afin d'éviter les illusions visuelles qui se produisent lorsqu'ils sont immobiles."

elastischer Haare oder borstenförmiger Zellauswüchse. Letztere werden nach Art von langarmigen Hebeln bei jeder Veränderung in der Körperhaltung unter dem Gewicht des Otolithen sehr leicht bald nach dieser bald nach jener Seite ausweichen. Dieser Druck wird sich den Zellkörpern und folglich auch den mit ihnen in Verbindung stehenden Nerven mitteilen.*)

Bei vielen Tieren (der Mehrzahl der Knorpelfische, den Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren) ist die macula acustica nicht von einem Otolithen, sondern von einer Menge kleiner Krystalle, welche in einer Schicht auf den Härchen des Epithels ruhen, bedeckt. Hier haben diese Härchen das Gleichgewicht des Körpers zu regulieren. Da im Labyrinth nur die macula utriculi und sacculi mit Krystallen bedeckt sind, so kann man annehmen, dafs diese Organe die Regulatoren der Bewegungen sind, während die cristae acusticae der Ampullen, welche keine Otolithen besitzen, zur Aufnahme der Gehöreindrücke dienen. Versuche, welche man an den Bogengängen ausgeführt hat, sprechen aber nicht zu Gunsten dieser funktionellen Einteilung.

Der den Otolithen zugeschriebenen Rolle widerspricht die Beobachtung Hensens (1863) durchaus nicht, welcher zeigte, dafs bei einigen Krebsen (Palämon antennarius) die Otolithen durch Sandkörnchen und kleinere Steinchen ersetzt werden, welche das Tier nach jeder Häutung instinktiv mit den Scheren durch die äufsere Öffnung ins Gehörbläschen einführt. Ein so grobes Material, welches auf den feinen Härchen lagert (siehe Fig. 61), ist wohl kaum im stande, durch Töne in Schwingungen zu geraten. Aufserdem ist es Hensen nicht gelungen, das Vorhandensein des Gehörs bei Krebsen mit Sicherheit zu konstatieren. Nur eins steht

*) Schlüsse, zu welchen Yves Delage (1887) auf Grund seiner Folgerungen gelangte.

l. c. p. 24. „La destruction des otocystes produit une désorientation locomotrice chez les animaux qui l'ont subie.

Ce résultat est dû à l'abolition des fonctions de l'organe et non à son excitation ou à une irritation du nerf correspondant.

La suppression des sensations visuelles et tactiles ne produit aucun effet de ce genre.

La vue et le toucher peuvent, dans une certaine mesure, suppléer les otocystes détruites, mais le plus souvent la désorientation locomotrice n'est qu'attenuée par les indications de ces deux sens.

Les ostocystes, outre leur fonction auditive, jouent le rôle d'organes régulateurs de la locomotion, probablement en provoquant par voie réflexe les actes musculaires correcteurs qui maintiennent le corps sur la trajectoire voulue et dans son orientation normale pendant toute la durée du mouvement.

Il y a de fortes raisons de croire que ces organes envoyent aussi aux ganglions cérébroïdes des sensations véritables qui renseignent l'animal sur les mouvements de rotation accomplis activement ou passivement par son corps.

Ces sensations, ainsi que les actions réflexes précédentes, peuvent être provoquées par l'action mécanique exercée pendant les mouvements, par le liquide ou par les otolithes sur les terminaisons nerveuses de la paroi."

fest, dafs nämlich diese Tiere auf einzelne Töne durch eine Bewegung (einen Sprung) reagieren. Bei höher entwickelten Arten wird das Gleichgewicht auch noch durch den Tastsinn und die Sehkraft unterstützt.

Hensen (1886)[336] ist jedoch mit den über die Bedeutung der Otolithen ausgesprochenen Vermutungen nicht einverstanden. Er sieht wie früher in diesen Gebilden Bestandteile eines akustischen Apparates; die Bogengänge hätten keinen Anteil an der Erhaltung des Gleichgewichts.

In ganz letzter Zeit (1890) kam Breuer zu einer neuen Schlufsfolgerung, welcher eine interessante, von Breuer weiter entwickelte Beobachtung Rüdingers (1888) zu Grunde liegt. Rüdinger hatte nämlich bemerkt (die Einzelheiten siehe: Abschn. über die Experimentalmethoden), dafs die macula utriculi und die macula sacculi rechtwinkelig zu einander gestellt und die Zellhaare unter den Otolithenplatten verschiedenen Seiten zugewandt sind, so zwar, dafs die Härchen der macula des sacculus in der Richtung der Steigbügelplatte und diejenigen der macula utriculi nach dem Rücken hin ragen. Auf diese Beobachtung sich stützend, hatte Rüdinger angenommen, dafs die Schallwellen die Hörhaare des sacculus direkt erreichen, während sie im utriculus mehr von den Bogengängen her auf die Hörhaare einwirken müssen.

Mit dieser Deutung ist Breuer nicht einverstanden, weil zu einer akustischen Funktion die topographische Disposition beider maculae überflüssig wäre. Von der Richtigkeit der anatomischen Beobachtung Rüdingers konnte Breuer an einer ganzen Reihe von Tieren sich überzeugen. Hierbei bemerkte er noch eine dritte macula nebst Otolithen in der lagena, welche ebenfalls in einer dritten Richtungslage zu den beiden anderen maculae steht. Weiterhin stellte sich heraus, dafs die Ebenen der drei maculae denjenigen der Bogengänge gleich sind, so zwar, dafs die macula utriculi in der Ebene des horizontalen, die macula sacculi in der Ebene der sagittalen und die lagena in der Ebene des frontalen Kanals liegt. (Über die Einzelheiten siehe: Abschnitt über die Experimentalmethoden.)

Da die Otolithen oder Otokonien auf den Endzellen der maculae liegen, von denen letzteren jede eine eigene „Gleitrichtung“ (Neigungsrichtung) aufweist, und da ferner die Flüssigkeit, in welcher die Otolithen oder Krystalle suspendiert sind, spezifisch leichter ist als diese, so können die anatomischen Daten durch folgende Hypothese ergänzt werden:

„Zug oder Druck auf die Zellhaare ausgeübt, reize die Nervenendzellen. Der Reiz werde zum Gehirn geleitet und erzeuge dort die Empfindung der Stellung des Kopfes in Bezug auf die Vertikale, so

[336] Hensen. Congrès périodique international des sciences médicales. Copenhague. 1886. Ref. Arch. f. Ohr. Bd. 25, p. 139. Rüdinger. Zur Anatomie u. Entwickelung des inneren Ohres. Monatsschrift f. Ohrenheilkunde. 1888. Nr. 1, 2, 3. p. 36.

wie wir von den Ampullen annehmen, dafs der auf ihre Zellhaare ausgeübte Flüssigkeitsdruck die Empfindung einer Kopfdrehung, einer Winkelbeschleunigung hervorrufe. Mit dieser Annahme werden die Otolithenapparate zu einem Perceptionsorgane für die Lage des Kopfes im Raume (und progressive Bewegung desselben), dessen Bau dieser präsumtiven Funktion aufs genaueste entspricht."

Wie die mikroskopische Untersuchung des Maculaepithels erwiesen hat, sind die Zellhaare unter einer Otolithenplatte nicht gleich gerichtet, sondern sie konvergieren auf jedem Schnitt gegen die Mitte hin, „so dafs man darauf die Haare der linken Hälfte nach rechts, die der rechten nach links hin streichen sieht. Der Zug oder Druck der als ein einheitlich Ganzes gravitierenden Platte mufs also die beiden Hälften der Zellhaare im entgegengesetzten Sinne beeinflussen, die einen in der Richtung ihres Verlaufs, die anderen gegen ihre Richtung zu verzerren oder zu drücken suchen".

Die mechanische Einwirkung der Otolithenplatte wäre undenkbar, wenn sie nicht die Möglichkeit einer wenn auch nur geringen Verschiebung hätte. Die anatomische Untersuchung lehrt, dafs jede macula in einer bestimmten Lage des Kopfes geneigt ist, und dafs dementsprechend jede Otolithenplatte ihre „Gleitrichtung" hat. Wenn auf der macula nur ein Otolith sich befindet, so hat er an der der macula zugekehrten Seite eine Rinne, in welche sich die Haare des Maculaepittels hineinlegen. Bei Veränderung der Kopfhaltung erregt der Otolith, in einer bestimmten Richtung gleitend, die Haare. Dort, wo statt eines einzigen Otolithen eine Gruppe mikroskopisch kleiner Krystalle die Rolle desselben übernimmt, liegt die macula in einer rinnenförmigen Vertiefung der Wand des membranösen Labyrinthes. Die Rinne jeder macula hat eine besondere Richtung; in ihr vollzieht sich die Verschiebung der Otokonien wie in einem Flufsbett.

Die Verteilung der Lage der maculae nach drei Richtungen im Raume konnte Breuer nicht bei allen Tieren konstatieren. Die Disposition der Otolithenplatten und ihrer Gleit- und folglich auch ihrer Perceptionsrichtung ist bei den Vertebraten folgende:

Bei den Fischen: utriculus horizontal, sacculus horizontal von vorn nach hinten, die lagena vertikal von oben nach unten.

Beim Frosch: utriculus horizontal, sacculus ?, lagena vorn oben innen nach unten hinten aufsen.

Bei den Vögeln: utriculus horizontal, vorn innen nach hinten aufsen, sacculus: horizontal, vorn aufsen nach hinten innen; lagena: oben (aufsen hinten) nach unten (innen vorn).

Bei Säugetieren fehlt die lagena, welcher bei den anderen Wirbeltieren die Perception der vertikalen Bewegung obzuliegen scheint. Man könnte denken, dafs es für Tiere, welche sich immer am Boden fortbewegen, und zu welchen die gröfsere Mehrzahl der Säugetiere gehört,

„die feine Perception vertikaler passiver Bewegung“ unwichtig ist, und dafs sich deshalb ohne besonderen Nachteil für sie die lagena in die Schnecke verwandeln kann. Die Schiefstellung des ganzen Apparates und die bei Säugern mutmafsliche Gleitrichtung des sacculus von hinten oben nach vorn unten vertritt vielleicht den für die Richtung von oben nach unten bestimmten Otolithenapparat.

Betrachten wir nun, inwieweit die Struktur der Otolithenapparate mit der Hypothese übereinstimmt, welche behauptet, dafs die durch Erschütterung der Zellhaare entstehende Reizung der Nervenendzellen im Gehirn eine Gehörsempfindung hervorrufe.

Bis zur Entdeckung Flourens' oder richtiger bis zur Abhandlung von Goltz (1870) glaubte man, dafs alle Zweige des n. acusticus ausschliefslich für akustische Zwecke bestimmt wären. Infolge der Diskussion über die Funktionen der Bogengänge wurde diese Meinung wesentlich erschüttert. Wider sie sprechen folgende Betrachtungen:

1. Das einzige Organ, welches eine akustische Funktion verrichtet, die Schnecke, besitzt niemals Otokonien; die letzteren fehlen sogar in der wenig entwickelten „cochlea“ des Frosches, der doch sonst massenhafte Anhäufungen von Kalkkrystallen zeigt. Wenn nun in diesem Organ, welches für Mitschwingen bei Toneinwirkungen und rasche Dämpfung der Schwingungen in so hohem Grade geeignet ist, Otolithen in auffallender Weise stets fehlen, so darf man hieraus entnehmen, dafs jene Gebilde in den Säckchen nicht für akustische Zwecke eingerichtet sind. Sehr wahrscheinlich ist es ferner, dafs die Otolithen bei der absoluten Konstanz ihres Vorkommens in den Säckchen aller Wirbeltiere eine für deren Leben wesentliche Bedeutung haben.

2. Die verhältnismäfsig gewaltigen massiven Otolithen der Knochenfische, die massigen Haufwerke von Kalkkrystallen, welche die macula des Frosches belasten, und ebenso die von Hensen angestellte Beobachtung an den Krebsen, welche beliebige Sandkörner (oder sonstige kleine Fremdkörper) als Otolithen verwenden, machen die Teilnahme dieser Gebilde am Hörakte wenig wahrscheinlich.

3. Besonders geeignet für ein Schwingen durch Schallwellen erscheint die Anordnung der Zellhaare nicht, welche durch die gelatinöse Substanz zu einer der Epithelfläche parallelen belasteten Platte zusammengehalten werden.

Somit läfst weder die histologische Struktur, noch die topographische Disposition des Otolithenapparates eine zweckmäfsige Beziehung zu akustischen Funktionen erkennen. Betrachten wir nun, wie durch den Otolithenapparat die *geradlinige Bewegung* wahrgenommen und von Veränderung der Lage gegen die Vertikale unterschieden werden kann.

Schon Mach (1875) sprach sich dahin aus, dafs man für die Empfindung der Progressivbeschleunigung einen eigenen hierzu bestimmten Apparat annehmen müsse. Es fragt sich nun, ob der die Kopfstellung

wahrnehmende Apparat gleichzeitig auch die geradlinigen Bewegungen zu empfinden im stande ist.

Wenn unser Körper in eine plötzliche Bewegung nach vorn versetzt wird, so erhalten die Otolithenplatten eine relative Beschleunigung nach rückwärts. Auf der macula sacculi, deren Wirkungsrichtung nach vorn unten verläuft, wird der von dem Otolithen auf die Haarzellen ausgeübte Zug verringert, und auf der macula utriculi, welche nach hinten und unten geneigt ist, wird er vermehrt. Dieselbe Veränderung im Zug tritt ein, wenn der Kopf nach hinten geneigt wird. Wenn wir nach vorn springen, müfste es uns also vorkommen, als würden wir nach rückwärts geneigt, was aber in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Wie unterscheiden wir nun diese beiden äufseren Vorgänge, da doch ihre Folgen für die Otolithenmembranen dieselben sind? „Bevor wir die gestellte Frage beantworten, müssen wir vorerst uns fragen: unterscheiden wir sie wirklich? Es gibt gewifs einen sehr häufig eintretenden Fall, wobei eine geradlinige Beschleunigung, die auf unsern Kopf wirkt, als Veränderung der Neigung desselben gegen die Vertikale interpretiert und als solche reflektorisch beantwortet wird. Es ist dies die Wirkung der Centrifugalkraft. Bei jeder Bewegung in einer Kurve bekommt unser Körper und in ihm die Otolithenplatte eine Beschleunigung nach der Peripherie der Kurve hin, welche sich der Gravitationsbeschleunigung kombiniert. Das Resultat davon für unsere Empfindung ist, dafs wir die Resultante der beiden Beschleunigungen als Vertikale empfinden und im Bestreben uns senkrecht zu halten, den Körper nach dem Centrum der Kurve zu neigen; eine Stellungsveränderung, welche die bulbi allein vornehmen, auch wenn der völlig unterstützte Körper gar keine Bewegungsintention vollzieht.“ Unsere Fähigkeit, die progressive Beschleunigung zu erfassen, kann folgendermafsen erklärt werden:

„Wenn die Gravitationswirkung des Otolithen auf die macula durch eine Lageveränderung des Kopfes bewirkt wird, so geht mit dieser Abänderung immer auch eine Rotationsempfindung einher, da der Kopf dabei um eine Axe gedreht wird. Ebenso begleitet eine Rotationsempfindung die Abänderung der Gravitation durch die Centrifugalkraft (allerdings nicht die Empfindung jener Rotation, welche die entsprechende Lageveränderung herstellen würde, sondern eine in anderer Ebene gelegene). In diesen Fällen, wenn zugleich eine Drehungsempfindung auftritt, wird die Veränderung der Angaben des Otolithenapparates als Lageveränderung interpretiert; wenn keine Rotationsempfindung sie begleitet, als progressive Bewegung.“

Eine ähnliche Erscheinung finden wir im Auge vor. So ruft in uns z. B. die Verschiebung des Bildes auf der Netzhaut die Empfindung einer Bewegung hervor, welche auf den Gegenstand übertragen wird. Der letztere wird uns aber unbeweglich erscheinen, sobald mit der Verschiebung des Bildes zugleich eine Innervationsempfindung von Bewegung

der Augen, des Kopfes oder des ganzen Körpers stattfindet. Somit gelangen wir zu folgendem Schlufs: *„Veränderung des Zuges der Otolithen wird als Lageveränderung des Kopfes empfunden, wenn eine Rotationsempfindung aus den Ampullen sie begleitet, als translatorische Bewegung, wenn die Rotationsempfindung fehlt.“*

„Wenn somit die Lage des Kopfes zur Vertikalen und die progressive Bewegung durch denselben Reizvorgang empfunden werden, so erklärt das auch die relative Stumpfheit für die Wahrnehmungen der letzteren Art.“

Breuer gelangt schliefslich zu der bereits erwähnten Schlufsfolgerung:

„Nachdem wir so im Vestibulum ein Sinnesorgan erkannt haben, welches durch den Bogengangapparat Drehungen, durch den Otolithenapparat progressive Beschleunigung und die Lage des Kopfes im Raum zur Wahrnehmung bringt, erlaube ich mir nochmals, für diese Perceptionsgruppe den jetzt vollständig gerechtfertigten Namen des *statischen Sinnes* vorzuschlagen.“

Über den Einflufs der durch Lageveränderung der Otolithen möglicherweise hervorgerufenen Schwingungen der Endolymphe auf die Ampullen hat Breuer sich nicht ausgesprochen. Und doch erscheint bei genauerer Überlegung die Annahme berechtigt, dafs die Bewegung der Otolithen nicht ohne Wirkung auf die Ampullenzellen bleiben kann. So stehen wir denn wieder vor einer neuen und komplizierten Frage und haben anderen einfacheren Problemen noch lange keine befriedigende Lösung geben können!

Cyons Ansicht über die funktionelle Bedeutung der Otolithen.

Cyon (1878) gesteht in der Annahme, dafs es ihm gelungen sei, die Unhaltbarkeit der Hypothese von den Endolymphströmungen experimentell zu beweisen, ein, dafs er sich durch dieselbe vorzeitig habe hinreifsen lassen:

„Wir haben mit Bedauern der Hypothese von Goltz und Mach entsagt. Die Resultate unserer Versuche, welche beweisen, dafs selbst ausgedehnte Veränderungen in den Bogengängen die Flourensschen Erscheinungen nicht hervorrufen, zwingen uns, die Theorie Machs aufzugeben.“

Von seiner Begeisterung für die akustische Hypothese spricht Cyon in seiner Abhandlung von 1878 gar nicht mehr. Hieraus darf man wohl annehmen, dafs er sich auch durch diese Hypothese enttäuscht fühlte.

Ganz zuletzt überzeugte er sich doch auf Grund eines „sorgfältigeren Studiums der Struktur der Nervenendigungen in den Ampullen und den

Bogengängen“ von der Existenz eines mechanischen Erregers. Als solchen bezeichnet er die Otolithen, welche er, wie in den Säckchen, so auch in den Ampullen und Bogengängen (?!) vorfand. Jede passive oder aktive Lageveränderung des Kopfes wird „von einer Erschütterung der Otolithen“ mit nachfolgender mechanischer Erregung des Nervenendapparats begleitet.

Der Name Breuers (1875), des eigentlichen Begründers der Hypothese, wird hierbei nicht erwähnt.

Cyon bringt folgende zwei neue Annahmen:

1. „Die zahlreichen Epithelialzellen, welche sich in den Bogengängen befinden und eine eigentümliche Struktur und Lage zu den Nervenenden aufweisen, können bei ihrer Erschütterung sehr leicht die Erregung den Nervenfasern mitteilen, welche sich frei in der Endolymphe bewegen. (Unklar. Ref.)

„Das Verhalten des spezifischen Gewichts der Otolithen zu dem spezifischen Gewicht der Endolymphe zu kennen, ist aufserordentlich wichtig, weil nur dann die Bedingungen, unter welchen die Otolithen in Erschütterung geraten, genauer festgestellt werden können.“

2. „Die Möglichkeit liegt vor, dafs die Bewegung der im utriculus und sacculus befindlichen Otolithen auf die Nervenfasern bald dieses bald jenes Bogenganges, dessen Lage bei einer bestimmten Kopfbewegung gemäfs, stofsartig einwirkt.“

D. Der Erdmagnetismus als normaler Erreger der Bogengänge.

Der Vollständigkeit und des Kuriosums halber möge hier auch eine wenig begründete und wohl niemals zu beweisende Ansicht Viguiers (1882) Platz finden, welcher in den Bogengängen ein besonderes Organ zur Orientierung im Raum (sens de l'orientation) erblickt.

Das Vorhandensein eines derartigen Organs mufs man nach Viguier in Anbetracht der ungewöhnlichen Fähigkeit einiger Menschen (wilder Völker) und Tiere, zu ihrem Ausgangspunkte zurückzukehren, annehmen. Viguier meint, dafs der Erdmagnetismus in der Endolymphe elektrische Ströme hervorruft, deren Stärke bei Lageveränderung der Bogengänge zum magnetischen Meridian variiert. Die Versuche Viguiers, die Richtung der in die Bogengänge eingeleiteten elektrischen Ströme mittels elektro-magnetischer, am Kopfe des Tieres befestigter Stäbe abzulenken, haben zu keinem Ergebnis geführt. (Vgl. S. 181.)*)

*) Viguier sagt: „A mon avis cet agent existe et n'est autre que le magnétisme terrestre; je suppose donc que le magnétisme terrestre détermine dans l'endolymphe des canaux de véritables courants induits, dont l'intensité varie avec la position de ces canaux par rapport aux directions des aiguilles d'inclinaison, et de déclinaison, et avec l'intensité des phénomènes magnétiques“.

Werfen wir zum Schlufs noch einen Blick auf die oben angeführten hypothetischen Lehren von den Funktionen der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths.

Wir sehen, dafs man auf Grund der Nervenverteilung und einiger Versuche das Vorhandensein zweier selbständig funktionierender Apparate im Ohrlabyrinth annimmt. Mittels des einen von ihnen, des utriculus mit den Bogengängen und dem sacculus, soll die Wahrnehmung von Bewegungen, Drehungen und progressiven Beschleunigungen, sowie der Stellung des Kopfes im Raume und indirekt auch des ganzen Körpers bedingt sein, und mittels des anderen, der Schnecke oder der macula neglecta Retzii, sollen die Schalleindrücke percipiert werden.

Dieser Annahme gemäfs stofsen bei höher entwickelten Tieren die Schallwellen, nachdem sie in den äufseren Gehörgang eingedrungen sind, auf ihrem Wege zunächst auf das Trommelfell. [327]) Von hier aus gelangen sie zum Labyrinth durch Vermittlung der Gehörknöchelchenkette und teilweise vielleicht auch durch das runde Fenster. Im Labyrinth angelangt, versetzen sie die Peri- und Endolymphe in Schwingungen. Diejenigen Schwingungen nun, welche die Schnecke erreichen, erzeugen eine Gehörsempfindung, während diejenigen, welche sich nach den übrigen Teilen des inneren Ohres hinwenden und dort ausbreiten, nach der Ansicht einiger keine spezifische Wirkung auf die betreffenden Nervenendigungen hervorbringen, während sie nach der Ansicht anderer in den Bogengängen das Gefühl der Schallrichtung erzeugen sollen.

Verweilen wir einen Augenblick bei der Ansicht, welche für den Vestibularapparat und die Bogengänge die Funktionen eines „statischen Sinnes“ vindiziert.

Eine solche maschinenmäfsige, auf rein physikalischen Gesetzen beruhende Selbstregulierung ist nur dann denkbar, wenn in dem Ohrlabyrinth Bedingungen für eine Selbsterregung, Selbstreizung der Nervenendigungen vorhanden sind, und die hierdurch zustande kommenden unbewufsten Im-

---

[327]) W. PREYER. Über Kombinationstöne. WIEDEMANNs Annalen. XXXVIII, p. 131—136. 1889.

Durch eine Reihe von Versuchen gelang es PR., eine Ansicht von HELMHOLTZ als richtig nachzuweisen, und zwar die auf theoretische Erwägungen gestützte Behauptung, dafs das Trommelfell der Ausgangspunkt der Kombinationstöne sei. Menschen mit einseitig oder beiderseitig defektem Trommelfell sind vollständig unbefähigt, aus Kombinationstönen die Differenztöne zu percipieren (d. s. Töne, welche der Verschiedenheit der Schwingungen zweier Töne entsprechen). Bei einseitigem Leiden wird der Differenzton nur von dem kranken Ohre nicht aufgenommen. Der histologische Bau des Trommelfells spielt dabei gar keine Rolle, denn die Differenztöne werden wieder wahrnehmbar, wenn sich Narben gebildet haben, oder nach Einführung einiger Tropfen Wasser in den Gehörgang, welches den Defekt mit einer dünnen Schicht zudeckt. Schon früher als PR. und ganz selbständig zeigte O. SUMMER (Verhandl. der phys. Gesellsch. 7. Juli 1886. p. 66), dafs nach Einführung einer feinen Kautschukmembran in das kranke Ohr die Fähigkeit, Differenztöne wahrzunehmen, wieder zurückkehrt.

pulse von den peripherischen Nervenenden auf centripetalen Bahnen dem Gehirn mitgeteilt werden, von wo aus eine reflektorische Erregung des einen oder andern Muskelsystems stattfindet.

Demnach gelangte man zu der Überzeugung, dafs die Nervenendigungen im Labyrinth unter dem kontinuierlichen Einflufs von *zwei Erregern* stehen, einem flüssigen Körper, der *Endolymphe*, und einem festen Körper, den *Otolithen* (resp. Otokonien).

Die Endolymphe soll durch verschiedenen Druck, oder infolge ihrer Strömung bei Lageveränderungen des Kopfes die Nervenendigungen der Ampullen reizen; somit stellen die letzteren spezielle Sinnesorgane für die Wahrnehmung der Kopfbewegungen dar. Die Otolithen, welche nach dem Gesetz der Gravitation stets nach unten streben, üben, da sie nach den drei Dimensionen des Raumes disponiert sind, bei jedesmaliger Kopfhaltung einen verschiedenen Druck auf den ihnen zugehörigen Nervenendapparat aus und erzeugen so die Wahrnehmung der Lage des Kopfes. Diese Otolithenkombination hat man als spezielles statisches Sinnesorgan aufgefafst. Schrieb man nun einmal den Otolithen eine statische Funktion zu, so mufste ihre aktive Beteiligung am Prozefs der Gehörwahrnehmung ausgeschlossen werden.

Thiere, welche Bogengänge, utriculus und sacculus zwar, aber kein äufseres und mittleres Ohr besitzen, sollen nach der Ansicht einiger den Schall gleich tauben Menschen nur *fühlen*. Bei einigen Fischen liegen wahrscheinlicherweise der macula neglecta Retzii die Funktionen eines Gehörorgans ob.

Bei ihnen werden die Ampullen jedenfalls die Bewegungen des ganzen Körpers zu percipieren haben, da der Kopf der Fische gegen den Rumpf unbeweglich ist.

Wie wir sehen, lassen sich durch die angeführte Hypothese, welche auf die Gesetze der Statik und Dynamik gestützt ist, die Funktionen des Labyrinths auf relativ einfache Weise erklären. Um dieselbe überhaupt aufstellen zu können, mufsten jedoch absichtlich oder unabsichtlich verschiedene Thatsachen ingnoriert werden; dieselben würden nämlich gezeigt haben, dafs die uns interessierende Frage durch die Hypothese trotz allem noch keineswegs endgültig gelöst ist. Es möge dem Verfasser gestattet sein, auf diese Thatsachen in kurzem hinzuweisen:

1. Wir können uns auf keine einzige positive Beobachtung berufen, welche die Nichtbeteiligung des utriculus und der Bogengänge sowie des sacculus an der Gehörwahrnehmung bewiese.

2. Die typische Lagerung der Otolithen im Ohre des Hechts wendet Breuer auf alle Fische an, sich mit dem Umstand rechtfertigend, dafs von 44 Fischordnungen nach Retzius bei 21 die macula lagenae von unten nach oben länger als breit ist: an den übrigen Fischen ist aber ein solcher Unterschied nicht zu konstatieren. Bei den Vögeln existieren auf jeder Seit drei Anhäufungen von Ohrkrystallen. Über die Frösche sind die

diesbezüglichen Angaben unbestimmt, und von den Reptilien wird hinsichtlich dieses bis jetzt nichts erwähnt. Den Mangel an Krystallen in der Schneckenspitze des Menschen und der Säugetiere will Breuer mit dem Umstand in Zusammenhang bringen, dafs diese sich in vertikaler Richtung, wie die Vögel, fortzubewegen nicht im stande sind. Ob Krystallanhäufungen in der Schneckenspitze des den Säugetieren angehörenden Schnabeltieres (Ornithorynchus paradoxus) sich vorfinden, dessen Scheckengestalt an diejenige der Vögel erinnert, weifs man vorderhand nicht.*) — Man darf auch nicht vergessen, dafs die Neigung der Gleitflächen der Otolithen schwer zu bestimmen ist; Breuer läfst uns darüber im unklaren, ob er dieselbe nach Augenmafs, oder mit Hilfe präziser optischer Instrumente beurteilte.

3. Nach der Hypothese sollen die Ampullen zur Wahrnehmung der Bewegungen, welche in einer der drei Richtungen des Raumes stattfinden, bestimmt sein. Demgemäfs müfste ein Tier, welchem eine der Ampullen fehlt, auch der Fähigkeit beraubt sein, sich in der betreffenden Richtung zu orientiren. Von den Myxinen wissen wir, dafs sie nur einen, und zwar den vorderen vertikalen sagittalen Bogengang besitzen. Demnach müfste dieses Tier nur Bewegungen wahrnehmen können, welche der Ebene seines vertikalen Bogenganges entsprechen; und das Neunauge, welches nur zwei Bogengänge hat, den vorderen und hinteren vertikalen, würde nicht im stande sein, sich in der horizontalen Ebene fortzubewegen. Letzteres wurde von Cyon (S. 203) auf Grund seiner Versuche behauptet. Robin (S. 205) wies auf das Irrtümliche dieser Ansicht hin, ebenso Steiner (S. 205), nach dessen Meinung die unregelmäfsigen Bewegungen des Neunauges nicht auf den Mangel des einen Bogenganges, sondern auf das Fehlen von Brustflossen zurückzuführen sind.

Die frühere Entwickelung des vorderen vertikalen Bogenganges in der Tierwelt führt zu dem Gedanken, dafs er für den Organismus wichtiger sein müsse als die beiden anderen Bogengänge. Zu Gunsten dieser Ansicht sprechen auch die neuesten embryologischen Forschungen über die Entwickelung der Bogengänge. Beim Foetus differenziert sich nämlich zunächst der vordere sagittale Bogengang, dann der vertikale und zu allerletzt der horizontale.[328])

---

*) Pritchard ist der Meinung, dafs in der schleimigen Masse, welche nach dem Erhärten des Präparats auf dem stäbchentragenden Nervenepithel des die lagena mit der Schnecke verbindenden Kanals von Ornithorynchus Platypus vorgefunden wird, Otokonie gelegen habe, welche aber durch die erhärtende Säure aufgelöst worden sei; Urban Pritchard: The cochlea of the Ornithorynchus Platypus. Philos. Transact. of the Roy. society Part. II. 1881. p. 267. Hensen schliefst sich dieser Annahme an: Arch. f. O. Bd. XVIII. 1882. p. 177.

[328]) Rud. Krause. Entwickelungsgeschichte der häutigen Bogengänge. Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd. XXXV p. 287—304. 1890.

Wenn die Bogengänge in der That ein nur zur Wahrnehmung von Bewegungen dienendes Organ sind, so ist es schwer verständlich, wie niedere Tiergattungen, welche nur eine macula in der Otocyste besitzen, sich in allen Richtungen zu orientieren vermögen. Durch die Versuche von Y. Delage wissen wir, dafs die Entfernung der Otocyste bei ihnen Gleichgewichtsstörungen verursacht.

Die vergleichende Anatomie liefert demnach keine direkten Beweise zu Gunsten der dynamischen und statischen Hypothese von den Bogengängen.

Das frühere Auftreten des sagittalen Bogenganges könnte die Vermutung rechtfertigen, als ob die Vorstellung von den Bewegungen in sagittal-vertikaler Ebene sich früher entwickele, als die Vorstellung der Bewegungen in anderer Richtung. Auf diese schwierige Frage könnte man eine zum Teil befriedigende Antwort nur von einem Menschen erhalten, bei welchem sich bei Lebzeiten eine Reihe von anormalen Symptomen zeigen würde und post mortem die Sektion Mangel des einen oder anderen Bogenganges bei Intaktheit des übrigen Labyrinths ergäbe.

4. Den Beobachtungen Hensens gemäfs befinden sich bei vielen Evertebraten und unter den Vertebraten bei den Rundmäulern (Cyklostomen) die Otolithen infolge der Thätigkeit der Cilien der Otocyste in beständiger Bewegung. Sollten bei weiteren Beobachtungen diese Otolithenbewegungen sich bestätigen, so würden die über die Otolithen aufgestellten Hypothesen unhaltbar. Denn dann wäre weder eine Übertragung von Schallwellen auf den Endapparat von den in beständiger Bewegung befindlichen Otolithen, noch eine Regulierung der Körperbewegung durch dieselben denkbar. Vielleicht begegnen wir hier einer neuen interessanten Erscheinung.

Anderseits gibt es eine bis jetzt noch von niemand näher geprüfte Beobachtung Rankes (S. 119), nach welcher in der Otocyste von Pterotrachea mutica und coronata die Cilien bei jeder Schalleinwirkung rasch aufschnellen und den Otolithen an die macula der Otocyste drücken sollen. Nach Aufhören der Schalleinwirkung nimmt der Otolith seine centrale Lage in der Mitte des Bläschens wieder ein. Natürlich bleibt auch hier die Frage offen, ob diese Tiere die Schallschwingungen als Tast- oder Schalleindrücke wahrnehmen.

5. In der Klinik Charcots beobachtete Gellé zwei Kranke mit allgemeiner Hautanästhesie. Von dem einen wurden Stiche sowie Kühlung mit Eis oder vermittelst Äthers nicht empfunden. Dasselbe konstatierte Gellé auch am Trommelfell. Das Gehör war erhalten. Bei geschlossenen Augen vernahm der Kranke das Ticken der Uhr, doch konnte er die Schallrichtung nicht angeben. Dem anderen Kranken war es bei geschlossenen Augen unmöglich, die Lage zu bestimmen, in welche

irgend eins seiner Glieder gebracht wurde (erloschenes Muskelgefühl). Pat. litt weder an Schwindel noch an irgend welchen Bewegungsstörungen. Die Gehörschärfe und die übrigen Erscheinungen variierten, wie bei allen hysterischen Kranken.

Auf Grund dieser klinischen Erscheinungen bestreitet GELLÉ jede Beteiligung der Bogengänge an der Wahrnehmung von Raumverhältnisssen und bezeichnet derartige Beobachtungen als einen Untergang der Hypothese von GOLTZ und von anderen.[329]) Es mag zunächst wohl befremdend erscheinen, dafs in den beiden Fällen GELLÉS*) der anscheinend intakte Selbstregulierungsapparat nicht im stande ist, zutreffende Empfindungen von der Lage des Kopfes und des Körpers zu erzeugen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dafs die allgemeine kutane Anästhesie einen Einflufs auf die Funktionen des Ohrlabyrinths ausübt, wie dies aus einigen klinischen Beobachtungen geschlossen werden darf.**)

6. Die Ungleichmäfsigkeit in der Entwickelung der einzelnen Teile des Ohrlabyrinths und die mannigfaltige Gröfse der Otolithen bei verschiedenen Tieren weist jedenfalls auf einen Funktionsunterschied des Otolithenapparats, wenn nicht der Art, so doch dem Umfange nach hin. So füllt nach v. JHERING (1891)[330]) bei dem Fische Arius Commersonii der gigantische lapillus (so heifst der Otolith des Vorhofes), welcher gewöhnlich im Vergleich zu dem Otolithen des sacculus (sagitta) sehr klein ist, fast den ganzen Hohlraum des Vorhofes aus. Bei anderen

[329]) GELLÉ. Rôle de la sensibilité du tympan dans l'orientation auditive. Compte rendu hebdomadaire de la Société de Biologie. 1886. Auch in Études d'otologie. 1888. T. II, p. 28.

Nach GELLÉ beobachtete zuerst HERMANN diese Erscheinung (Traité de physiologie 1869). In der Folge wurde sie von KÜSS und DUVAL bestätigt.

*) GELLÉ. p. 251. 1851. Études d'otologie.

„Ces tableaux cliniques sont connus; et il ne viendra à l'idée d'aucun observateur que les canaux semi-circulaires puissent entrer pour quelque chose dans leur étiologie. Comment admettre après cela, que ce soit par eux que nous avons connaissance de la position de nos membres dans l'espace et des mouvements de notre tête? C'est l'aneantissement de la theorie de GOLTZ et autres, simple hypothése renversée par les faits."

**) M. HEYNE. Über einen Fall von allgemeiner cutaner und sensorischer Anästhesie. Deutsches Arch. f. klin. Medic. Bd. 47, p. 75.

v. ZIEMSSEN. Allgemeine kutane und sensorische Anästhesie. Ibidem. p. 89.

Die allgemeine Anästhesie wurde von psychischer Verstimmung begleitet. Bei den Kranken H. und Z. wurden die Bewegungen durch die Augen und Ohren kontroliert. Mit dem Schliefsen der Augen hörten alle Bewegungen auf und mit Verstopfung der Ohren ging das Sprachvermögen verloren. Gleichgewichtsstörungen traten nicht ein.

[330]) H. von IHERING. Über die zoologisch-systematische Bedeutung der Gehörorgane der Teleostier. Mit Taf. XXXI. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. 52. 3. Heft. p. 477–514. Den 21. Aug. 1891.

Fischen ist die Gröfse der Otolithen des sacculus mancherlei Variationen unterworfen. Nach dem Gravitationsgesetz und der Breuerschen Hypothese müfste somit der so bedeutend gröfsere Otolith einen unvergleichlich stärkeren Druck auf die Nervenendigungen ausüben und möglicherweise die Orientierung in seiner Ebene erleichtern oder auch erschweren.

Die lagena und der in ihr eingeschlossene Otolith (asteriscus) ist bei den Süfswasserfischen stärker entwickelt als bei den Salzwasserfischen, wie man denn auch überhaupt die Gröfse der Otolithen mit der Körpergröfse der Tiere in keinen Zusammenhang bringen darf. Ebenso schwankend ist auch die Gröfse der Bogengänge.

Unberührt ist die Frage hinsichtlich eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Entwickelung der einzelnen Otolithen und derjenigen der in ihren Ebenen belegenen Bogengänge geblieben.

Die Frage, warum bei höher organisierten Tieren nur mikroskopisch kleine Krystallhaufen an Stelle der bei den Fischen kompakten Otolithengebilde vorhanden sind, ist nicht einmal aufgeworfen worden.

Durch die Anführung der soeben citierten Thatsachen beabsichtigt der Verfasser nicht etwa den Wert der Breuerschen Hypothese herabzusetzen; sein Wunsch geht vielmehr dahin, auf einige Umstände hinzuweisen, deren befriedigende Erklärung der Hypothese zu gute käme.

Mittels der Otolithenhypothese dürften die Erscheinungen der Seekrankheit sowie die Unwirksamkeit der bisher gegen dieselbe angewandten Mittel eine Erklärung finden. Letztere werden nämlich kaum den selbständig beweglichen Otolithenapparat beeinflussen können. Für diese Erklärung spricht auch der Umstand, dafs Taubstumme, bei denen in den meisten Fällen die Struktur des Labyrinths sehr verändert ist, gewöhnlich von der Seekrankheit verschont bleiben.

Doch derartige Betrachtungen fördern die Sache selbst wenig, so interessant sie auch sonst sein mögen.

Die Breuersche Erklärung der Otolithenfunktion dürfte nach Cyon auch für die Psychologie von einer gewissen Bedeutung sein. Noch heutzutage sucht nämlich ein Teil der auf diesem Gebiete wirkenden Autoren die Bildung von Raumvorstellungen durch die sogenannte nativistische Hypothese zu erklären, während die anderen sie auf empirischem Wege entstanden wissen wollen.

Zu Gunsten dieser letzteren, empirischen Hypothese würde nun nach der Ansicht Cyons (1878) ein besonderes Sinnesorgan für die Wahrnehmung von Raumverhältnissen sprechen.

„Die empirische Theorie erfährt somit eine neue Ausdehnung, da die Raumvorstellung aufhört, eine mit der Geburt erworbene Ausdrucksform unseres Anschauungsvermögens zu sein, sondern gleich der Vorstellung von den Farben, Tönen u. s. w. zu einer Errungenschaft unseres Verstandes wird, welche wir einer besonderen Art von Wahrnehmung eines peripheren Sinnesorganes verdanken.

„Somit wird uns auch erklärlich, warum gerade drei Dimensionen des Raumes unserer Euclidischen Geometrie als Grundlage dienen. Die geometrischen Axiome erscheinen uns als die notwendigen Grenzen unserer Sinnesorgane.

„Mit einem Worte, die Existenz eines besonderen Sinnesorgans für die Raumwahrnehmung gestattet auf die befriedigendste Weise die Diskussion zwischen den Nativisten und den Empiristen zu Gunsten der letzteren zu entscheiden.

„Der ideelle Raum mit drei Dimensionen, dessen Vorstellung mit Hilfe von Empfindungen entsteht, welche von den drei Bogengängen ausgehen, dient mit Hilfe der Tastempfindungen auch zur Feststellung der Lage der Gegenstände im äufseren Raume.“

Die soeben angeführte Ansicht Cyons entspricht nicht ganz den neuesten Untersuchungen Machs und Breuers, auf Grund deren ja die Existenz zweier Organe für die Raumbestimmung angenommen werden mufs, der Bogengänge und des Otolithenapparats.

Da nicht bei allen Tieren drei Otolithenhaufen vorhanden sind, so müfste man, die Breuer-Machsche Hypothese weiter verfolgend, annehmen, dafs bei diesen die Vorstellung von der Lage im Raum eine Lücke aufweisen müfste. Dem widersprechen aber die Beobachtungen aus dem alltäglichen Leben. Ganz unverständlich würde es ferner sein, immer vom Standpunkte derselben Hypothese aus, wie Tiere mit einem Otolithen (Eucharis multicornis u. s. w. und einige Würmer) sich nach allen Richtungen des Raumes orientieren können.

Ungelöst bleibt ferner die Frage, warum bei den Medusen stets eine gerade Anzahl von Otolithenbläschen, welche bei manchen Familien von 4 bis zu 200 und mehr anwächst, vorhanden ist. —

Wir sehen: der Widersprüche und Komplikationen gibt es viele und wenig befriedigend sind ihre Erklärungen. Es verbleibt uns nichts anderes, als uns mit Geduld auszurüsten und sowohl die früheren Forschungsergebnisse einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen, als auch neues faktisches Material zu sammeln, welches für die Aufstellung richtiger Prämissen für künftige Schlufsfolgerungen unentbehrlich ist.

IV.

Über die Experimentalmethoden.

Bei jeder wissenschaftlichen Untersuchung, ganz besonders aber beim Versuch, eine so schwere Frage zu lösen, wie diejenige der Funktionen der einzelnen Teile des Labyrinthes, ist es von aufserordentlicher Wichtigkeit, alle Einzelheiten und vorzunehmenden Vorsichtsmafsregeln bei den einzelnen Versuchen genau zu überlegen und zu beschreiben.

Bei P. Flourens finden wir: „Tout, dans les recherches expérimentales, dépend de la méthode; car c'est la méthode qui donne les résultats. Une méthode neuve conduit à des résultats nouveaux: une méthode rigoureuse à des résultats précis; une méthode vague n'a jamais conduit qu'à des résultats confus.“ *)

Auch Claude Bernard (1879) ist derselben Ansicht: „Le seul moyen d'obvier à ces difficultés consiste à donner une définition exacte du modus faciendi. Sans cette précaution, on n'arriverait jamais à des résultats propres à établir des comparaisons et des rapprochements.“ **)

Dem Rate dieser beiden Forscher folgend, hat Verfasser sich bemüht, möglichst genau alle Vorteile und alle Unzulänglichkeiten der hier in Betracht kommenden Experimentalmethoden in Erwägung zu ziehen, indem er dieselben nach der schon in den vorigen Abschnitten angedeuteten Weise eingeteilt und auf die fehlerhaften Resultate, welche durch einzelne von ihnen entstehen könnten, hingewiesen hat.

Bevor man an ein Experiment schreitet, mufs man sich stets vorher die Frage stellen, ob man nicht im gegebenen Falle eine derartige Anordnung der einzelnen Labyrinthteile zu erwarten hat, dafs die Verletzung der einen durchaus eine bedeutende Abschwächung oder auch eine vollständige Vernichtung der Funktion der übrigen Teile des Ohres, oder ihnen benachbarter Organe nach sich ziehen mufs.

---

*) 1842. Chap. XXXII, p. 502. § I, 1.

**) Leçons de Physiologie opératoire. Paris. 1879, p. 2.

Demgemäfs hat auch Verfasser für seine Pflicht gehalten, auf alle diejenigen Vorsichtsmafsregeln, welche während des Experimentierens zu beobachten sind, möglichst genau und systematisch einzugehen, damit bei späterer Vornahme derselben Versuche anderen Zeit und Mühe erspart würde.

An Stellen, in denen in dieser Hinsicht vom betreffenden Forscher Angaben fehlen, hat Verfasser gesucht, durch Anführung eigener Beobachtungen die Lücke auszufüllen.

Das grofse Verdienst Flourens' besteht in der Hauptsache darin, dafs er der Erste war, welcher eine ganz streng durchgeführte systematische Methode einer möglichst isolierten Zerstörung der einzelnen Teile des Gehirns einführte, um auf dem Weg der Exklusion die wahrscheinliche Funktion des untersuchten Organs zu bestimmen. Er verletzte nur das, was er *sehen* konnte: „C'est le seul moyen de suivre *à l'oeil* la marche, le progrès des opérations, et de s'assurer ainsi des limites dans lesquelles on les renferme." *)

Nur auf einem solchen streng wissenschaftlichen Wege durfte man hoffen, die komplizierten Lebensvorgänge analysieren zu können. **)

*) Préface, p. IX. 1842.

**) Ibidem. p. 503. „Ce qui manquait donc, c'était une *méthode expérimentale* qui, isolant convenablement les parties, en isolât rigoureusement les propriétés. C'est aussi par la recherche d'une pareille méthode que j'ai commencé.

„Deux points principaux constituent celle que je me suis donnée. Le premier, de mettre d'abord à nu l'encéphale par l'ablation de ses enveloppes; le second, de n'intéresser que l'une après l'autre, et toujours l'une à l'exclusion de l'autre, *chaque partie* ainsi mise à nu et *sous les yeux* de l'expérimentateur.

„Ce qui fait le caractère de ma nouvelle méthode expérimentale est donc *l'isolement des parties.*

„Le but de l'expérimentateur étant, en effet, de parvenir à la détermination précise de la fonction propre de chaque partie, il est évident qu'il ne pourra obtenir cette fonction propre, dégagée de toute autre, qu'autant qu'il aura d'abord isolé ou dégagé de toute autre la partie même de laquelle cette fonction dépend.

„Or, je le répète, c'est là ce qui ne pouvait être fait par aucune des méthodes d'expérimentation employées jusqu'à moi.

„On se contentait de répéter, depuis des siècles, des expériences incomplètes; on multipliait, on reproduisait, sans fin, des résultats confus; et personne ne voyait que, pour arriver à des résultats précis et distincts, c'était la méthode expérimentale même qu'il fallait d'abord changer et refaire.

„Et cette méthode qui met à nu toutes les parties d'un appareil pour permettre à l'experimentateur d'atteindre *séparément* chacune de ces parties, je ne l'ai pas seulement appliquée à l'encéphale, *je l'ai appliquée* à l'oreille, et principalement aux *canaux semi-circulaires.*

„Ces canaux sont enveloppés par un os: il m'a fallu les dégager d'abord de cet os, comme, dans mes expériences sur le cerveau, il m'avait fallu d'abord dégager ce cerveau du crâne; *et ces canaux, et ce cerveau, une fois mis à nu, j'ai pu atteindre séparément, et à volonté, et à coup sur, chacune de leurs parties, et démêler ainsi le rôle propre de chacune d'elles.*"

Über das Gehörorgan hat Willis (1674) zuerst experimentell gearbeitet und eine Methode angegeben, durch welche er den Anteil des Trommelfells an der Gehörfunktion zu ergründen suchte. Nachdem er bei Hunden das Trommelfell an beiden Seiten zerstört hatte, trat keine vollständige Taubheit ein. Hieraus schlofs Willis, dafs das Trommelfell nur zum Zweck des schärferen Hörens vorhanden wäre.

Von da ab bis zu Meckel (1777) sind, soweit Verfasser bekannt ist, keine Experimente über das Gehörorgan an Tieren angestellt worden. Meckel führte, um experimentell das Vorhandensein der Endolabyrinthflüssigkeit nachzuweisen, eine methodische Eröffnung des inneren Ohres aus. Einige Zeit darauf wurde eine Reihe von Beobachtungen durch Autenrieth und Kerner (1809) über die Paukenhöhle angestellt, indem sie in dieselbe von hinten durch die bulla ossea vordrangen. — Scarpa bewies durch seine klassischen Nachforschungen die Möglichkeit, an der Leiche verschiedener Tiere das membranöse Labyrinth aus seiner Knochenschale herauszupräparieren. Dies benutzte nun Flourens zu seinen Untersuchungen über das innere Ohr und die funktionelle Bedeutung der Bogengänge.*)

Nur dadurch, dafs Flourens streng systematisch verfuhr, konnte er eine Reihe neuer Erscheinungen beobachten und das Irrtümliche vieler bis dahin bestanden habender Ansichten und Beobachtungen nachweisen. — Vor Flourens behalf man sich damit, Teile des Gehirns in grofsen Massen zu zerstören, ohne dabei vollständig über das Operationsfeld orientiert zu sein, da man zu dem Gehirn nur durch Trepanationsöffnungen gelangte.**) Nicht wunderbar ist es, dafs man auf diese Weise keine bestimmten und scharf abgegrenzten Symptome erhielt.

Flourens nun legte das Gehirn vollständig frei und schnitt die zu untersuchenden Abschnitte des Gehirns ab, oder er zerstörte mit einem scharfen Instrumente genau bestimmte Stellen desselben. Chemische Reizmittel vermied er, weil man deren Einwirkung niemals einschränken könne, und überdies die durch chemische Agentien hervorgerufenen Erscheinungen sich protrahieren und hierdurch die Symptome verdunkeln könnten.

*) p. 511. „En physiologie, lorsqu'on se trompe, c'est presque toujours parce qu'on n'a pas assez vu toute la complication des faits.

„Car, au fond, tout, dans le mécanisme de la vie, est complexe, et les phénomènes et les organes.

„Il faut donc décomposer les phénomènes, c'est-à-dire en démêler toutes les circonstances diverses; il faut décomposer les organes, c'est-à-dire en démêler toutes les parties distinctes.

„En un mot, il faut arriver aux *faits simples*.

„L'art de démêler les faits simples est tout l'art des expériences."

**) Als Beispiel möge hier aus der Flourenssehen Arbeit ein Versuch Rolandos angeführt werden: „Après avoir trépané les deux os pariétaux d'une poule avec une espèce de petite spatule, j'emportai de chacun des hémisphères du cerveau une grande quantité de la substance cendrée qui entre dans leur composition etc."

Während des Versuchs selbst müsse man die Kräfte des Tieres schonen, sagte er, auch nach Möglichkeit blutreicheres Gewebe meiden, weil erstens gröfsere Blutverluste das Leben des Tieres verkürzen, somit die Gesamterscheinungen der Beobachtung entzogen würden, zweitens, weil das in die Gehirnmasse ausfliefsende Blut Druckerscheinungen hervorruft, welche die Resultate des Experiments selbst benachteiligen und verdunkeln können.*)

Ganz dieselben Vorsichtsmafsregeln wandte Flourens auch bei seinen Experimenten über die Bogengänge an.

Selbstverständlich ist aber mit diesen Vorsichtsmafsregeln allein noch nicht alles gethan. Um möglichst reine Resultate zu erhalten, mufs man folgende Bedingungen erfüllen, resp. folgende Fragen beantworten:

1. Zunächst ist bei der Sektion aller Versuchstiere eine möglichst genaue makro- und mikroskopische Untersuchung des Gehörorgans vorzunehmen.

2. Welche Töne und welche Klangfarbe hört das Tier am besten? Wie stark müssen die Töne sein, um eine ausgeprägte Reaktion hervorzurufen?

Hierbei müssen diejenigen Instrumente, welche zur Gehöruntersuchung angewandt worden sind, angegeben werden, da die Anzahl der Obertöne bei den einzelnen Instrumenten verschieden grofs ist. Die Klangfarbe des einen ist angenehmer als die eines anderen. Der Ton einer kleinen Stimmgabel c^8 mit 41 000 Schwingungen ist für das Ohr viel weniger empfindlich, als der Ton eines Königschen Stabcylinders von nur 30 000 Schwingungen (Weber-Liel).

3. Es mufs die Perceptionsgrenze für hohe und für tiefe Töne bestimmt werden.

4. Es mufs das Verhalten des Tieres bei bestimmten Tönen, d. h. einfachen Klängen von einem Grundton ohne Oberton bestimmt werden.

5. Es mufs ferner das Verhalten des Tieres bei hohen und bei tiefen Geräuschen untersucht werden.

6. Wenn das Tier auf einen Ton nicht reagiert, kann man dann daraus bestimmt folgern, dafs es denselben nicht hört?

7. „Wie“ und „was“ hört das Tier? Diese Frage kann nur der Mensch beantworten (Weber-Liel).

8. Man mufs die Grenzen sowie den Grad der Verletzung des Tieres makro- und mikroskopisch bestimmen.

---

*) Préface, p. VIII. 1842.

„Au reste, il faut toujours respecter le plus possible les parties qui donnent du sang: 1° parce que la perte du sang abrége beaucoup la vie de l'animal, et qu'il importe essentiellement que l'animal vive, sans quoi l'on n'aurait pas les résultats de l'expérience; 2° parce que le sang, s'épanchant dans la masse cérébrale, y produit des compressions dont les résultats se mêlent aux résultats propres de l'expérience, les compliquent, souvent même les dénaturent.“

9. Übt nicht die Verletzung oder die Zerstörung des einen Ohres einen Einfluſs auf die Funktion des anderen Ohres aus?

Klinisch hat man bei Druckerhöhung im Gehörgang des einen Ohres eine Gehörherabsetzung des anderen konstatiert.

10. In welchem Grade wird die mikroskopische Untersuchung und die uns unbekannte Funktion der übrigen Teile des Labyrinthes durch Zirkulationsveränderungen oder Abfluſs der Labyrinthflüssigkeit gestört, wenn man nur einen Teil des Labyrinths verletzt oder zerstört?

11. Bedingt die Operation nicht eine Betäubung? Welchen Einfluſs übt die Zerstörung des ganzen Ohres oder der einzelnen Teile desselben auf den Intellekt des Tieres aus?

Ist es nicht bloſs ein apathischer Zustand nach der Operation, wenn das Tier auf Schall nicht mehr reagiert?

Beobachtungen am Menschen haben gezeigt, daſs es manchmal nur eines gelinden Schlages auf das Ohr bedarf, damit der Getroffene das Bewuſstsein verliere oder damit subjektive Empfindungen bei ihm auftreten.

12. Ruft die Operation nicht Gehörshallucinationen hervor?

13. Welche Art von Veränderungen findet man in den benachbarten Teilen des operierten Ohres vor?

14. Ruft die Zerstörung des inneren Ohres nicht Anästhesie oder gar Hyperästhesie hervor?

15. Wird eine durch Schall auftretende Reaktion durch die Lufterschütterung oder durch den Klang bedingt?

Diese Frage muſs man hauptsächlich dann stellen, wenn man zur Prüfung des Gehörs Blasinstrumente oder Schuſswaffen benutzt. Vollständig Taube *fühlen* manchmal das Blasen oder den Schuſs. Aufserdem muſs man mit der allbekannten Thatsache rechnen, daſs es schwer fällt, das andere Ohr aus dem Hörakte auszuschlieſsen.

16. Man muſs ferner darauf achten, ob man nicht benachbarte Organe verletzt hat und ob dann die zur Beobachtung kommenden Veränderungen in der Gehörwahrnehmung nicht einem hieraus resultierenden Zustande zuzuschreiben sind.

Klinische Beobachtungen zeigen, daſs eine Facialislähmung manchmal eine Herabsetzung des Gehörs nach sich zieht; ob dieselbe nun mit der gleichzeitigen Lähmung des m. stapedius oder mit einer gleichzeitigen Erkrankung der Nervenendorgane zusammenhängt, bleibt dahingestellt.

17. Man muſs sich die Frage vorlegen, ob die Zerstörung des Gehörorganes bei erwachsenen wie bei jungen Tieren nicht auch einen Einfluſs auf die Funktionen der anderen Sinnesorgane ausübt.

18. Sind die Erscheinungen nach Verletzung ein und desselben Ohrteiles auch ganz konstant?

19. Man muſs den direkten Einfluſs der Verletzung des Ohres auf das allgemeine Muskelsystem, auf die Blutzirkulation, auf die allgemeinen Ernährungsverhältnisse und auf den intrakraniellen Druck festzustellen suchen.

Aus alledem ersieht man, wie grofs die Vorsichtsmafsregeln sind, welche der Experimentierende zu beobachten hat, wie grofs ferner die Schwierigkeiten sind, welche sich ihm bei Ausführung des Experimentes in den Weg legen. Wir ersehen ferner, mit welcher Umsicht und Vorsicht der Experimentierende aus den gewonnenen Resultaten seine Schlüsse zu ziehen hat, und wie skeptisch er denjenigen Arbeiten gegenüber sich verhalten mufs, welche in keiner Weise auch nur einigen der soeben aufgestellten Bedingungen genügen. Selbstverständlich würde die Beobachtung aller erwähnten Bedingungen die Kräfte eines einzelnen überschreiten. Notwendig und von höchster Wichtigkeit ist es dann aber, wenigstens einen Teil derselben dadurch zu erfüllen, dafs man die erhaltenen Resultate und Schlufsfolgerungen aus seinen Beobachtungen mit einem genügenden Beweismaterial unterstützt und dadurch den späteren Forschern die Möglichkeit gibt, sich in der betreffenden Frage gut zu orientieren und die Lösung derselben weiter zu verfolgen.

Da ferner jedermann bei der Beobachtung absichtlich oder unabsichtlich etwas von seiner Subjektivität hineinzulegen geneigt ist, so wäre es wünschenswert, zumal bei sehr strittigen Fragen, zu Hilfsquellen seine Zuflucht zu nehmen, mit denen nur objektiv vorgegangen werden kann.

So wäre es z. B. sehr angezeigt, die feineren Veränderungen, welche die mikroskopischen Elemente des Endapparates nach der Operation eingehen, mikrophotographisch darzustellen. — Derartige mikrophotographische Abbildungen würden objektiver und beredter sprechen als alle Beschreibungen.

Wenn man sich der grofsen Schwierigkeiten (ja manchmal sogar der Unmöglichkeit) bewufst ist, das ganze Gehörorgan mikroskopisch zu untersuchen, so mufs man sich wundern, wie leichtfertig einige Forscher von einem „normalen Aussehen“ des Nervenapparates des Gehörorgans ihrer Versuchstiere sprechen.

Zum Schlufs möchten wir an das Wort Böttchers (1874) erinnern, „dafs einzelne gut beobachtete Fälle oft lehrreicher sind als die einer ganzen Epidemie“ (von Versuchen).

Wir wollen uns nun zur genaueren Beschreibung der hier in Betracht kommenden operativen Methoden wenden; vorher dürfte es aber zweckmäfsig sein, die Struktur der Otolithenbläschen und der Gehörorgane derjenigen Tiere in entwickelungsgeschichtlicher und zoologischer Reihenfolge kurz zu beschreiben, an welchen bis jetzt Experimente angestellt worden sind.

Über die anatomische Struktur der Lithocysten*)

von Coelenteraten, Würmern und Mollusken.

Um einen Begriff von der Bedeutung und der Lage der Otolithen zu erhalten, ist es angezeigt, auf einige entwickelungsgeschichtliche Daten zurückzugreifen und an die Struktur einzelner niederer Tiere zu erinnern.

Bekanntlich vergröfsert sich in einem befruchteten Ei von Evertebraten durch Furchung die Zahl seiner Zellen (Blastomeren).

Dieselben bilden schliefslich durch wandständige Lagerung eine kugelförmige

Fig. 96.

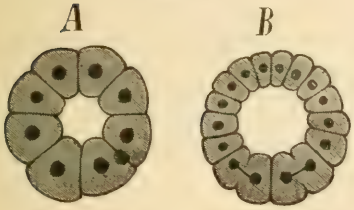
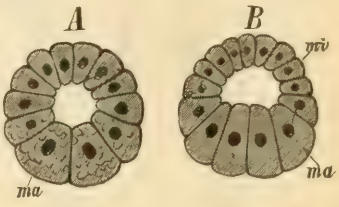


Fig. 97.



Schicht (Blastosphaera, Keimblase), welche eine Höhle (Furchungshöhle, Blastocoele) einschliefst. Diese Entwickelungsform nennt man *Blastula* oder *Coeloblastula* (*A* und *B* Fig. 96, 97). Durch weitere Zellteilung an einer Seite entsteht eine Ungleichheit in der Zellengröfse. Die kleineren Zellen heifsen *Mikromeren* (*mi*), die gröfseren *Makromeren* (*ma*). Hierauf flacht sich die Blastula an der Makromerenseite ab und stülpt sich weiterhin nach innen ein (Invagination), bis zuletzt die Furchungshöhle ad minimum reduziert ist (Gastrulaform). (Siehe Fig. 98 *C* u. *D*.) Hierdurch entsteht eine neue Höhle (Gastralhöhle), welche durch eine doppelte Schicht von Zellen (den Epithelien) begrenzt wird. Die äufsere Schicht nennt man Ektoderm (*e* Urhaut) und die Innenschicht Entoderm (*en* Urdarm). Die so entstandene Centralhöhle (primäre Darm- oder Gastralhöhle, Gastrocoele) mündet nach aussen durch die Einstülpungsöffnung (*bl*) (Blastoporus, Protostoma, Urmund, Gastrulamund).

Fig. 98.

B Blastula. *D* Gastrula
fh Blastocoele (nach LANG.)

*) Bei Abfassung dieses Kapitels sind folgende Schriften benutzt worden:

CLAUS. Lehrbuch der Zoologie. 1885.

A. LANG. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. 1. u. 2. Abteil. 1888.

B. HATSCHEK. Lehrbuch der Zoologie. 1. Lief. 1888. 2. Lief. 1889. 3. Lief. 1891.

G. v. HAYEK. Handbuch der Zoologie. 1881—1891.

F. LEYDIG. Über das Gehörorgan der Gasteropoden. Taf. XIX. Archiv für Mikroskop. Anatomie. Bd. XII. 1. Heft. 1870. p. 202—219.

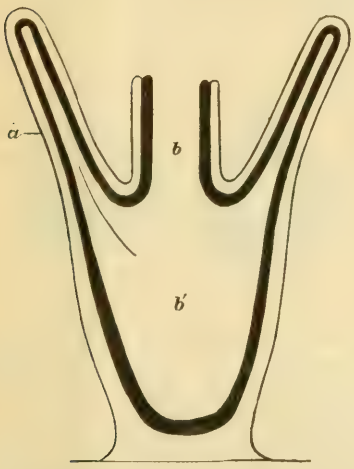
C. GEGENBAUR. Grundrifs der vergleichenden Anatomie. Verbesserte Aufl. 1878.

WIEDERSHEIM. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. 1883.

An den Rändern der Einstülpungsöffnung geht das Ektoderm in das Entoderm über. Die übrig gebliebene reduzierte, zwischen Ento- und Ektoderm befindliche Furchungshöhle heifst primäre Leibeshöhle (Blastocoele).

Eine derartige Entwickelungsbildung nennt man *Gastrula*. Die einfacheren Arten der *Coelenteraten* erinnern in ihrer Struktur an die *Gastrula*. Als Beispiel dieser Gruppe wollen wir den *Hydropolypen* oder die *Hydrula* nennen. Aus dem schematischen Durchschnitt ist es ersichtlich, dafs das Tier nur aus zwei Schichten, wie die Gastrula, besteht.

Fig. 99.



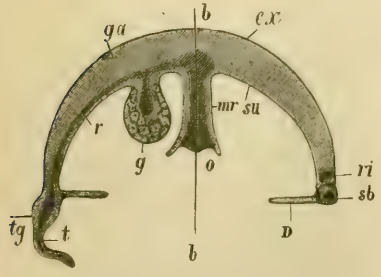
Schematischer Durchschnitt durch eine Hydra nach HAYEK.
a Tentakel. *b* Mundöffnung. *b'* Gastralhöhle.

An diesem Durchschnitt (siehe Fig. 99) stellt *a* den Tentakel, *b* die Mundöffnung (Protostompol), *b'* die Gastralhöhle dar.

Um die Öffnung des oralen Pols (des Protostompols) reihen sich hohle Anhängsel (die sogenannten Tentakeln) herum, deren Hohlräume in die Gastralhöhle direkt übergehen und deren Wände ebenfalls aus Ekto- und Entoderm mit dazwischenliegender strukturloser Membran gebildet sind. Die Hydrula hängt mit ihrem aboralen Apicalpol d. h. mit dem dem oralen entgegengesetzten Pol an irgend einem Ort fest.

Aus dieser einfachen Form entwickelt sich der kompliziertere Körper der freischwimmenden Medusen. Der aborale Pol erweitert sich schirm- (umbrella-) oder glockenförmig bis an die Tentakeln heran, hierdurch die sogenannte *exumbrella* bildend. Der orale Teil erweitert sich ebenfalls und biegt sich nach den Tentakeln um, auf diese Weise die *subumbrella* bildend. Der Körper erhält somit eine konvex-konkave Gestalt, an deren Rändern die Tentakeln sich befinden. Die strukturlose Mittelmembran beteiligt sich gleichfalls an dieser Metamorphose, indem sie sich verdickt und sich in einen *gallertigen Diskus* verwandelt. Von des letzteren Rand tritt eine ringförmige Muskelmembran diaphragma-

Fig. 100.



Durchschnitt durch die Glocke der Meduse von Eucope campanulata (nach HÄCKEL).

t Tentakeln,
tg Tentakelgefäfs,
g Gonaden (Fortpflanzungsorgane),
r Radiärkanäle,
ex exumbrella,
sub subumbrella,
ga Gallertgewebe zwischen sub- und exumbrella,
D velum,
sb Randbläschen,
ri Ringkanal,
mr Gastralraum,
o Oralöffnung.

förmig nach dem Subumbrellarraum hervor, das sogenannte *velum*, Randsaum. Durch Kontraktionen dieses Ringmuskels geht die Fortbewegung des Tieres vor sich.

Am Diskusrand finden sich folgende Organe vor:

1. Die Tentakeln. 2. ein doppelter Nervenring, 3. die Randbläschen. 4. die Augenflecke (ocelli) und 5. die Nesselorgane. Von allen diesen Organen interessieren uns am meisten die Tentakeln und die Randbläschen.

Bei vielen niederen Wirbellosen (z. B. bei den Actinien u. s. w.) gibt es nur eine Art von Sinneszellen, meist von einem cylindrischen Härchenzellenepithel gebildet, welche entweder einzeln oder gruppenweise im ektodermalen Epithel gelagert sind. Da nun die Tiere durch diese nicht nur das Licht, sondern auch die Temperatur sowie chemische und mechanische Reizmittel wahrnehmen, so nennt HATSCHEK diese mit den Sinneszellen ausgestattete Haut ein „primitives" (noch nicht spezialisiertes) Sinnesorgan (nach WIEDERSHEIM: „diffuser Sinn". Durch derartige Organe empfangene Sinneswahrnehmungen können nicht besonders scharf ausgeprägt sein. Aus diesem primitiven Sinnesorgan entwickeln sich allmählich spezielle Sinnesorgane.

Dem primitiven Sinnesorgan am nächsten steht der Hautsinn, welcher nicht nur die Tastempfindungen, sondern auch die Empfindungen der Wärme sowie „chemische" Empfindungen, beim Amphioxus sogar Schallempfindungen vermittelt. Bei vielen niederen Tieren reagiert, wiewohl sie Augen besitzen, die Haut auch auf das Licht.

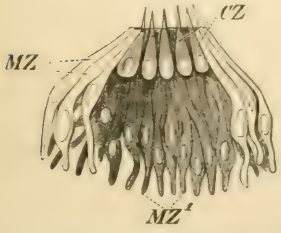
Sinneszellen lassen sich in morphologischer Beziehung in zwei Haupttypen einteilen:

1. Der *ursprünglichere Typus* — in Gestalt von isolierten cylindrischen Zellen, wie sie bei den *Cnidarien* u. a. vorgefunden werden.

2. *Sinnesknospen*, welche aus koncentrisch gelagerten Zellen bestehen, wie sie bei allen entwickelteren Tierarten, als es die Cnidarien sind, vorgefunden werden. Diese Anhäufung von Sinneszellen dient jedenfalls dazu, die Sinnesempfindungen zu verstärken.

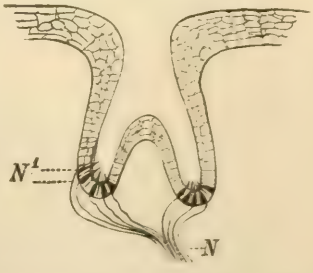
Die Sinnesknospen kommen in der Haut der Fische, der amphibia perennibranchiata und der Larven sämtlicher Amphibien vor.

Fig. 101.



Durchschnitt eines freistehenden Nervenhügels (nach WIEDERSHEIM). *CZ* Centrale (Sinnes-) Zellen. *MZ MZ'* Mantelzellen.

Fig. 102.



Nervensäckchen eines Ganoiden (Vertiefung in der Haut). Unten (*N'*) die Nervenapparate, *N* der zutretende Nerv (halbschematisch nach WIEDERSHEIM).

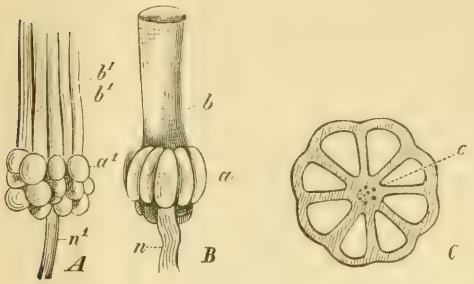
Ihre Modifikationen sind unter dem Namen von *Sinneskugeln*, *Gallerröhren* und *becherförmigen Organen* bekannt. Sie treten entweder an der Oberfläche hervor, oder sie befinden sich in Vertiefungen der Haut. Auch sind freie Nervenenden zwischen den Epithelzellen beschrieben worden.

Zum Typus der Sinnesknospen kann man auch die Seitenorgane — „Organe eines 6. Sinnes" (LEYDIG) — bei Fischen und einigen Amphibienlarven rechnen.

Dieselben liegen entweder an der Oberfläche, oder sie sind in eigenen Rinnen oder Kanälen eingeschlossen.

In diesen Gebilden erblicken die einen ein eigenes Organ eines 6. Sinnes, die anderen ein eigentümliches Gehörorgan, andere endlich halten sie für Organe, welche die groben Schwingungen des Wassers percipieren.

Fig. 103.



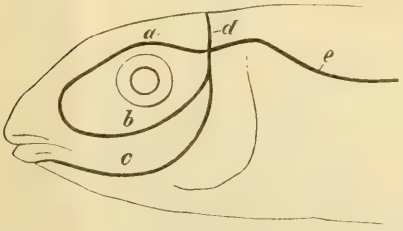
Gallertröhren von Selachiern (n. WIEDERSHEIM).

A (a^1) traubenförmige Ampullen mit mehrfachen Röhren (b^1, b^1), n^1 der zutretende Nerv.

B mit länglich ovalen Aussackungen der Ampullen (*a*) und einfacher Röhre (*b*), *n* der zuleitende Nerv.

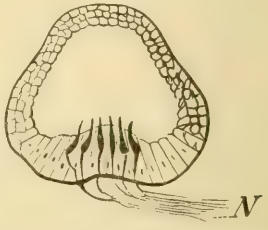
C Querschnitt durch die Ampulle eines Selachiers, in deren Centrum die aufsteigenden Nerven bei *c* sichtbar sind.

Fig. 104.



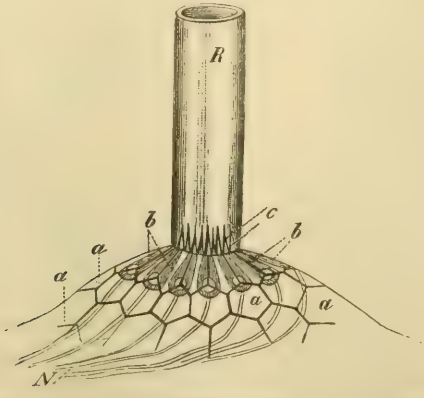
Verteilung des Seitenkanalsystems bei Fischen. Schema. *a* Supra-, *b* infraorbitaler, *c* mandibularer, *d* occipitaler, *e* lateraler seitlich am Rumpf verlaufender Zu (n. WIEDERSHEIM).

Fig. 105.



Durchschnitt durch den Seitenkanal eines Teleostiers, halbschematisch. *N* der zustehende Nerv (n. WIEDERSHEIM).

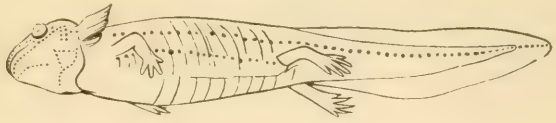
Fig. 106.



Nervenhügel eines *Urodelen*, halbschematisch. *a a* Zellen der Epidermis, durch welche die Neuroepithelien *b b* durchschimmern, *c* deren Endborsten, *R* die hyaline Röhre, *N* der zutretende Nerv (n. WIEDERSHEIM).

Bei manchen Coelenteraten befinden sich in grübchenförmigen Vertiefungen des Epithels der Subumbrella in der Nähe des Velumansatzes Härchenzellen, auf welchen kalkhaltige Gebilde ruhen — Hörsteine, Otolithen, welche aus den ektodermalen Zellen hervorgehen. Wenn ein derartiges „*Hörgrübchen*“ sich schliefst, so entsteht hierdurch ein „*Hörbläschen*“.

Fig. 107.



Verteilung der Seitenorgane einer *Salamander-Larve* (n. MALBRANC).

Stellenweise bemerkt man Ausbuchtungen der die Sinneszellen bedeckenden Schicht, wodurch die percipierende Oberfläche vergröfsert wird. So entstehen die Tentakeln. Dieselben stellen, wie wir dies schon oben gesehen haben, Fortsätze dar, welche durch eine Ausbuchtung der Gastralhöhle entstanden sind. Sie bilden jedenfalls das Tastorgan der Coelenteraten, bei den unbeweglichen Formen auch das Organ für Licht- und Wärmeempfindung; bei den beweglichen Formen kommen jedoch in ihren ektodermalen Zellen Otolithen zum Vorschein, und scheinen sie somit Organe darzustellen, welchen nach der Meinung der einen die Hörfunktion, nach anderen die Regulierung der Körperstellung (die Statik) im Wasser obliegt.

LANG unterschied drei Typen eines solchen Gehörorgans (oder des die Körperstellung regulierenden Organs).

1. Die Hörbläschen oder Randbläschen mit den ektodermalen Otolithen.
2. Hörkölbchen oder akustische Tentakeln.
3. Sinneskörper.

Sehen wir nun, bei welchen Tieren das erste Auftreten der Lithocysten oder Otocysten bemerkbar wird, und wie ihre Struktur und Form beschaffen ist.

II.

COELENTERATA

- A. **Spongiaria** (Schwämme.)
- B. **Cnidaria** (Tiere mit Nesselorganen.)
  - I. Archydra.
  - II. Anthozoa.
  - III. Polypomedusae.
  - IV. Ctenophora.

CNIDARIA.

I. Archydra.

Nach HÄCKELs Hypothese das Anfangsglied sämtlicher Cnidarien: die Gestalt erinnert an die Gastrulaform.

II. Anthozoa.

Actinozoa, Korallenpolypen.

Die Oralöffnung ist von Tentakeln umgeben. Sie haben keine anderen Sinnesorgane.

III. **Polypomedusae.**

(Hydromedusae.) 1. Hydroidea.
2. Siphonophora.
3. Acalephae.

1. **Hydroidea** (Craspedota):
a) Eleutheroblastea,
b) Hydrocoralliae,
c) Diplomorpha,
d) Haplomorpha.

a) Eleutheroblastea.
Hydridae: Haben nur eine Tentakelreihe.

b) Hydrocoralliae.
Haben nur Tentakeln.

c) Diplomorpha (Craspedotae leptolinae).
Die Medusen besitzen zarte, hohle, sehr biegsame Tentakeln.

Unbewegliche Formen.

Tentakeln. Hierher gehören folgende Familien: 1. Clavidae, 2. Corynidae, 3. Bougainvillidae, 4. Eudendriidae, 5. Hydractinidae, 6. Podocorynidae, 7. Tubulariidae, 8. Spongicolidae, 9. Campanulariidae, 10. Lafoeidae, 11. Haleciidae, 12. Sertulariidae, 13. Plumulariidae.

Bei den Medusen Tubulariae (Ocellatae) treten für die Perception der Lichtempfindungen spezielle Sinneszellen auf — die sogenannten Ocelli. Als Tastorgane haben sie daneben Tentakeln.

Freischwimmende Medusen.

Folgende Familien haben nur Tentakeln und Ocelli: 14. Codonidae, 15. Tiaridae, 16. Margelidae, 17. Cladonemidae, 18. Thaumantidae, 19. Eucopidae-Campanularidae.

Bei den letzteren sind Tentakeln vorhanden, dagegen fehlen gewöhnlich die Ocelli. Hier treten zuerst die Randbläschen auf (Otocysten oder besser Lithocysten). Daher werden diese Medusen auch *Vesiculatae* genannt.

Fam. Eucope } 8 Randbläschen auf der Innenfläche der Tentakeln.
und Fam. Obelia }

Fam. Phialidium — 12—64, meistens 32—48 Randbläschen.

Fam. Octorchandra — 8 Randbläschen.

Fam. Irene — 12 und mehr Randbläschen.

20. Aequoreidae.

Tentakeln vorhanden, Ocelli fehlen gewöhnlich, Randbläschen 8—100.

Fam. Aequorea: Aequorea Forskalea, Octorchis.

Fam. Polycanna: Polycanna germanica besitzt 200—400 Randbläschen.

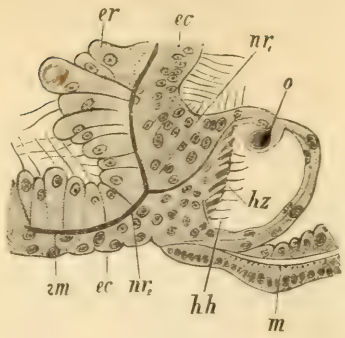
c. Diplomorphae-Leptomedusae.

Der Otolithenapparat tritt hier in einfacher Form als offene Vertiefung des Subumbrellarepithels — als sogenanntes *Hörgrübchen* auf. Diese Hörgrübchen befinden sich in der Nähe der Insertion des Velums. Im Grübchen befinden sich ein oder mehrere Otolithen, welche sich aus den *ektodermalen* Zellen gebildet haben und auf Härchen oder den sogenannten *Hörborsten* derjenigen Zellen ruhen, welche den Boden der Vertiefung auspolstern. Eine derartige Struktur findet sich z. B. bei Mitrocoma vor.

Aus den Hörgrübchen entstehen in den entwickelteren Formen durch Zusammenwachsen ihrer Ränder die Otocysten, welche dann eine etwas andere Lage als die Hörgrübchen einnehmen, indem sie nach der Exumbrellarseite hin an der Insertionsstelle des Velums als kugelförmige Gebilde hervortreten. Die Hörgrübchen, sowie die Otocysten werden von dem subumbrellaren Nervenring innerviert. Man findet 8 und mehr Otocysten vor.

Fig. 108.

o Otolith,
hz Zellen der Cyste mit Hörhaaren *h h*,
ec Ektoderm,
en Entoderm,
sm Stützmembran,
nr_1 oberer, nr_2 unterer } Nervenring.
Die Muskelmembran *m* ist hier vom Rande weg nach aufsen gezogen.

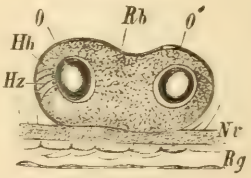


Hörbläschen von Aequorea Forskalii. Durchschnitt durch den Diskusrand. (Nach HERTWIG.)

Als Typus der Gehörbläschen von Vesiculaten wird von CLAUS der Otolithenapparat von Octorchis (Fig. 109) angesehen.

Fig. 109.

Rb Randbläschen,
O O' zwei Otolithen,
Hh Hörhaare,
Hz Hörzellen,
Nv oberer Nervenring,
Rg Ringgefäfs.



Randbläschen am Nervenring und Ringgefäfs von Octorchis. (Nach O. u. R. HERTWIG.)

d. Haplomorpha (Craspedotae trachylinae).

Frei schwimmende Medusen mit Velum und starren Tentakeln, welche aus einem nicht hohlen Zellstrang bestehen. Sie besitzen Hörkölbchen und akustische Tentakeln.

a) Trachomedusae:
Trachynemidae
Aglauridae
Geryonidae

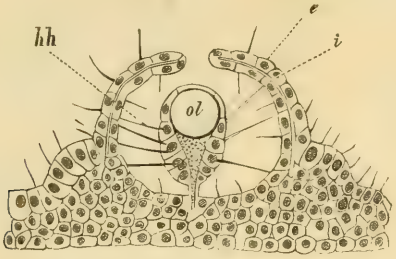
b) Narcomedusae:
Cunanthidae
Aeginidae
Solmaridae.

Die Tentakeln nehmen hier dadurch, dafs in ihnen Hörsteine aus den entodermalen Zellen sich entwickeln, die Gestalt sogenannter *Hörkölbchen* oder *akustischer Tentakeln* an. Diese bei den Medusen sehr häufig anzutreffenden Gebilde heifsen noch Cordylia; dieserhalb werden Medusen mit solchen Gebilden von einigen Cordyliotae genannt.

Die Hörkölbchen werden somit von den Tentakeln gebildet, deren Höhle mit ektodermalen Zellen ausgefüllt ist. In einer dieser Zellen wird ein Otolith gebildet. Der ganze Tentakel wird somit zu einem Hörkölbchen. Die Sinneshaare befinden sich entweder an den ektodermalen Sinneszellen oder in der Nähe der Basis der Kölbchen, ein sogenanntes Haarpolster darstellend, oder an der ganzen Körperoberfläche.

HATSCHEK behauptet, dafs die Kölbchen durch Schallwellen in Schwingungen versetzt und gegen die Sinneshaare geschlagen werden.

Fig. 110.



Hörbläschen von Rhopalonema velatum mit kleiner äufserer Öffnung (nach HERTWIG).

e Aufsenrand } des Bläschens,
i Innenrand }
ol Otolith im Hörkölbchen, welches von Hörhaaren *hh* umgeben ist.

Bei den Trachomedusen findet sich noch die Modifikation, dafs das Hörkölbchen an der Oberfläche nicht hervortritt, sondern sich in einer Vertiefung des Ektoderms befindet. HATSCHEK behauptet, dafs hierdurch der Hörkolben vor allen mechanischen Insulten geschützt werde und nur durch Schallwellen gereizt werden könne.

21. *Trachynemidae*

besitzen 4, 8 oder 16 Hörkölbchen, welche selten frei liegen, häufiger dagegen in Hörbläschen eingeschlossen sind.

Fam. Trachynema 4 Bläschen,
„ Marmanema 8 „
„ Rhopalonema 16 „

22. *Aglauridae*

4, 8 oder 16 Hörkölbchen am Umbrellarsaum, welche in Bläschen nicht eingeschlossen sind.

Fam. Aglantha = 4 Hörkölbchen,
Fam. Aglaura = 8 „

23. *Geryonidae*

8 oder 12 Hörkölbchen, im Innern des gallertigen Umbrellarsaums befindlich, in Bläschen eingeschlossen.

Fam. Liriantha = 8 Hörkölbchen,
„ Liriope = 8 „
„ Geryonia = 12 „
„ Carmarina = 12 „

Carmarina hastata.

Nach CLAUS ist das Hörbläschen von Carmarina hastata ein Typus der Gehörorgane der Trachymedusen. (Fig. 111.)

24. *Cunanthidae.*

Die Hörkölbchen sind durch die sogenannten „Schirmspangen“ mit dem Umbrellarrand verbunden.

Fam. Cunantha = 4 grofse Hörkölbchen,
Fam. Cunina = 40—90 Hörkölbchen (siehe Fig. 112).

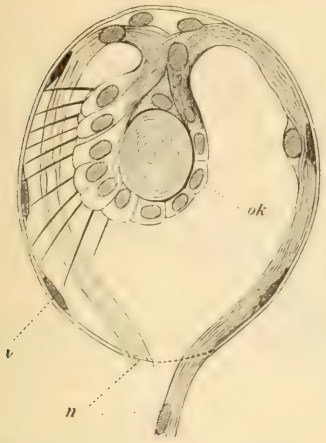
25. *Aeginidae.*

Hörkölbchen ohne Schirmspangen. Ocelli fehlen gewöhnlich.

26. *Solmaridae.*

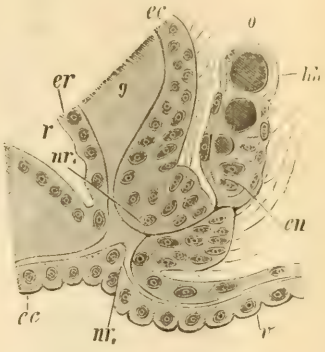
Hörkölbchen ohne Schirmspangen, ihre Zahl variiert zwischen 8 und 90 (siehe Fig. 114).

Fig. 111.



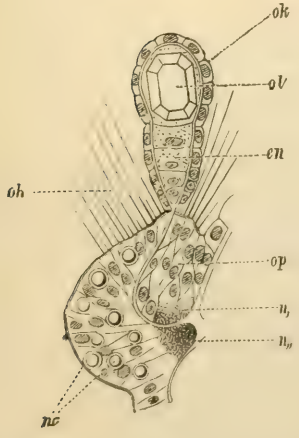
Hörbläschen von Carmarina hastata. (Nach O. u. R. HERTWIG.)
ok Hörkölbchen, *n* Nerv, *i* Innere Wand des Hörbläschen.

Fig. 112.



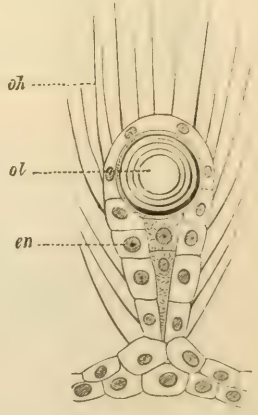
Hörkölbchen von Cunina lativentris. (Nach HERTWIG.)
o Otolith, *en* entodermale Zellen des Hörkölbchens, nr_1 oberer, nr_2 unterer Nervenring, *ec* ektoderm, *er* entoderm, *g* gelatinöse Substanz, *v* velum.

Fig. 113.



Durchschnitt durch den Rand eines Umbrellarrands von Cunarcha aeginoides. (Nach HÄCKEL.)
ok Hörkölbchen, *ol* Otolith.

Fig. 114.



Hörkölbchen von Pectis antarctica, (Nach HÄCKEL.)
oh Hörhaare an der Oberfläche des Kölbchens, *ol* Otolith, *en* Entodermale Axe des Tentakels.

2. **Siphonophorae.**

3. **Acalephae** (Acraspedae, Scyphomedusae).

a) Stauromedusae (Calycozoa, Arhopalia).
b) Cubomedusae } Rhopalifera.
c) Discomedusae }

Die Medusen dieser Ordnung sind von bedeutender Gröfse, ihr Schirmrand ist durch Einschnitte in (meistens 8) Lappen geteilt und mit Sinnesorganen, den sogenannten Sinneskolben oder Rhopalia ausgestattet. Diese komplizierten Gebilde erscheinen als metamorphosierte Tentakeln; sie befinden sich in Vertiefungen zwischen den Randlappen und werden von oben durch die Randfalten bedeckt; sie bestehen erstens aus einem Otolithensack, welcher durch Ausbuchtung von entodermalen Zellen gebildet wird. und zweitens aus einem stark pigmentierten Augenfleck; Cubomedusen (Charybdeiden) besitzen schon ein komplizierteres aus Gruppen von 6 Augen (mit Linse, Glaskörper und Retina) bestehendes Sehorgan an ihrem Sinneskörper.

a) *Stauromedusae*
ohne Sinneskolben oder Rhopalien, weswegen sie auch Arhopalia genannt werden.
1. Fam. Lucernariidae.

b) *Cubomedusae.*
4 Sinneskolben.
2. Fam. Charybdeidae.

c) *Discomedusae.*
8 oder noch mehr Sinneskolben.
3. Fam. Ephyridae
4. Fam. Pelagiidae
5. Fam. Cyaneideae } 8 Kolben.
6. Fam. Ulmaridae
8 Kolben bei Aurelia (siehe Fig. 115).
16 Kolben bei Phacellophora.
8 Kolben bei Umbrosa.
7. Fam. Toreumidae 16 Kolben.
8. Fam. Pilemidae.
9. Fam. Versuridae.
10. Fam. Grambessidae.

IV. Ctenophora.

Bei den Medusen dieser Klasse tritt ein eigentümlicher Otolithenapparat auf, welcher *Sinneskörper* genannt wird und schon auf S. 184 beschrieben worden ist.

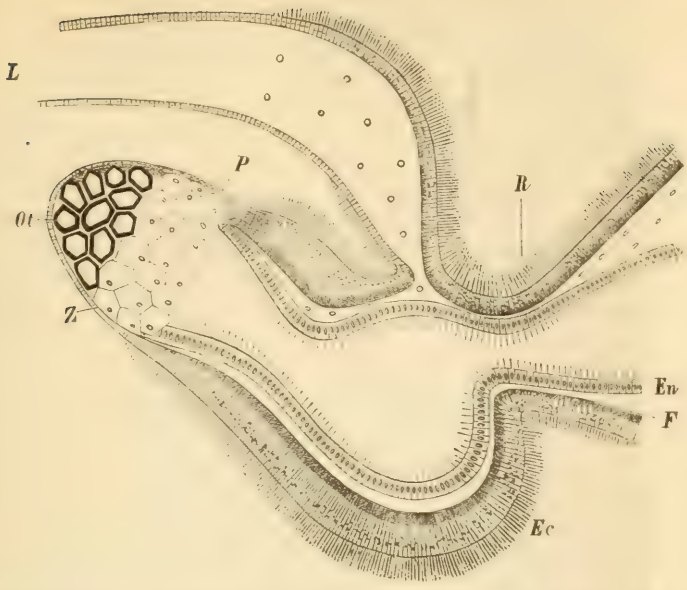
III.
ECHINODERMATA.

1. Blastoidea, 2. Cystidea, 3. Crinoidea, 4. Asteroidea,
5. Ophiuroidea, 6. Echinoidea, 7. Holothurioidea.

Bei den Echinodermen finden sich neben anderen Organen um die Mundöffnung herum oder an den Armen, welche wahrscheinlich für die Tast-, Geruchs- oder Geschmacksperception dienen, auch noch bläschenförmige Gebilde vor, welche jedenfalls das Gehör zu vermitteln haben. Dieselben sind am Nervenring und an den Radialnerven einiger Holothurioideen gelegen.

Bei Elasipoda kommen in den Gehörbläschen auch Otolithen vor, und zwar zu 5—10. Augen scheinen alle Seesterne zu besitzen.

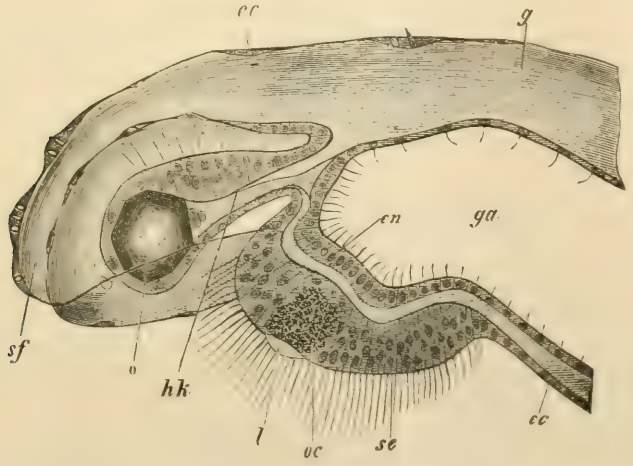
Fig. 115.



Durchschnitt durch die Riechgrube, den Randkörper und dessen Nervencentrum von Aurelia aurita (nach CLAUS).

R Riechgrube, *L* Schirmlappen, welcher den Randkörper bedeckt, *P* Augenfleck desselben, *Ot* Otolithen des Gehörsacks, *Z* Zellen nach Auflösung ihrer Otolithen, *En* Entoderm, *Ec* Ektoderm mit der darunterliegenden Schicht von Nervenfibrillen F.

Fig. 116.



Sinneskolben von Rhopalonema (nach HERTWIG). Stellt einen metamorphosierten Tentakel dar, in welchen die Gastralhöhle hereinragt. Die entodermalen Zellen auf dem peripheren Ende dieses Fortsatzes bilden einen Otolithen oder eine Otolithenmasse. Das äufsere Epithel ist mit Hörhaaren ausgestattet.

O Otolith mit dem Hörkölbchen *hk*, *Oc* Auge mit der Linse *l*, *se* Sinnesepithel, *ga* Gastralkanal, *ec* Ektoderm, *en* Entoderm, *g* Gallerte, *sf* Sinnesfalte des Diskusrandes.

IV.
VERMES.

a) Platyhelminthes = Plattwürmer.
b) Nemathelminthes.
c) Annelides.
d) Rotatoria.

a) *Platyhelminthes* = Plattwürmer.

Die Plattwürmer lassen sich in vier Ordnungen einteilen, welche sind:
1. Turbellaria, 2. Trematodes, 3. Cestodes, 4. Nemertini.

1. *Turbellaria:* Freilebende Würmer, welche an Sinnesorganen Augen, Hörbläschen, Riechgruben und Tentakeln besitzen.

Zwei Unterordnungen:

1. Dendrocoelidae haben keine Gehörbläschen.

2. Rhabdocoelidae; bei dieser Unterordnung tritt das Gehörbläschen unpaarig an der frontalen Stelle auf.

Bei Acoela liegt das unpaarige Bläschen auf dem Gehirnganglion, ist mit Flüssigkeit angefüllt und enthält einen Otolithen.

Über das Gehörbläschen von Turbellaria Acoela finden wir bei GRAFF[336]) folgendes verzeichnet: Das Gehörbläschen befindet sich bei Amphichoerus cinereus, Convoluta Roscoffensis, Proporus venosus auf der Unterfläche des Gehirnknotens.

Der Otolithenapparat ist bei Convoluta paradoxa und Monoporus rubropunctatus von dem Gehirnknoten abgeschnürt und hängt an ziemlich starken Nerven zur Seite.

Bei *Acoela* erscheint der Otolith als metamorphosierte Zelle, in welcher man einen Kern unterscheiden kann. Er ist (bei Monoporus) tellerförmig oder auch ringförmig (bei Proporus, Convoluta Roscoffensis). Gewöhnlich schwimmt der Otolith frei in der Cysten-Flüssigkeit herum; bis jetzt ist es noch nicht gelungen, etwaige Anheftungen an die Cystenwand aufzufinden.

Fig. 117.

Gehirnknoten von Monotus mit zwei Augenflecken (*cg*) und mit dem unpaarigen Gehörbläschen (*ot*) (nach GRAFF).

Die Behauptung JENSENs, dafs der Otolith von Automolus hamatus an zwei fadenförmigen Gebilden befestigt ist, darf nach GRAFF nicht ohne weiteres angenommen werden. GRAFF ist es nicht gelungen, die histologische Struktur der Otocyste von Turbellarien festzustellen.

Y. DELAGE (1886) beobachtete bei Rhabdocoele Acoela (Convoluta Schultzii) Bewegungen des Otolithen, welche durch Kontraktionen des die Otocyste umgebenden Gewebes hervorgerufen sein sollten.

GRAFF bemerkt, dafs die Lageveränderung des Otolithen wohl durch Kontraktion der Rumpfmuskeln, welche den Gehirnknoten umgeben, bedingt sein könnte.

2. *Trematodes* besitzen als Parasiten keine Otocysten. Ihre Larven haben Augenflecke und Tentakeln.

3. *Cestodes* (Bandwürmer) besitzen keine spezifischen Sinnesorgane.

4. *Nemertini* verfügen über Augen, Augenflecke, Riechgruben und Tastorgane. Bei Oersteadia pallida finden sich auch zwei Otolithenblasen am Gehirn.

---

[336]) LUDWIG von GRAFF. Die Organisation der Turbellaria Acoela. Mit einem Anhange über den Bau und die Bedeutung der Chlorophyllzellen von Convoluta Roscoffensis von HABERLANDT. Mit 3 Holzschnitten und 10 Tafeln. Leipzig. 1891.
Sehr vollständige Litteraturangaben über Turbellaria Acoela.

Die Würmer verfügen zum Teil und je nach den vitalen Verhältnissen ihrer Arten über Sinnesorgane. Dunkel ist noch die Funktionsthätigkeit der Seitenorgane der Chaetopoden, der Seitenaugenflecke von Polyophthalmus und der Sinnesorgane der Blutegel.

Bei den Würmern sind die den einzelnen Organen zugeschriebenen Funktionen auf dem Wege des Experimentes noch nicht bewiesen (LANG). Nur von den Tast- und Sehorganen ist es höchst wahrscheinlich, dafs sie in der That die ihnen zugeschriebenen Funktionen verrichten. *Was* diese Tiere jedoch und *wie* sie sehen oder fühlen, ist noch unbekannt.

Am besten sind die Sinnesorgane bei den freischwimmenden Würmern entwickelt: Polychaeta errantia, Chaetognatha.

Weniger vollkommen sind die Sinnesorgane von Würmern, welche am Wasserboden oder in Höhlen und Spalten leben.

Bei den im Schlamm, im Sande oder in der Erde lebenden Würmern sind die Sinnesorgane stark reduziert. Bei den parasitären oder bei den unbeweglichen Formen sind nur die Tastorgane verhältnismäfsig gut entwickelt. Wenn bei ausgebildeten Würmern die Nervenendapparate im atrophischen Zustande vorhanden sind, so findet man dieselben nichtsdestoweniger an ihren Larven, wenn dieselben zu den freilebenden Formen gehören, ausgebildeter vor. Die Tastorgane sind wohl bei allen Formen vorhanden; in zweiter Linie kommen am häufigsten die Augen und die Riechorgane vor. Lithocysten kommen nur vereinzelt vor.

b) *Nemathelminthes* = Rundwürmer.

Bei den freilebenden Formen kommen nicht selten einfache Augen vor. Lithocysten fehlen.

c) *Annelides* = Gliederwürmer.

I. Hirudines.

II. Chaetopoda: a) Oligochaeta, b) Polychaeta.

An Sinnesorganen kommen hier vor: paarige Augenflecke mit lichtbrechenden Einlagerungen oder komplizierte Augen, Tastfäden und paarige Gehörbläschen (Lithocysten) am Schlundringe. — Letztere findet man vor bei: Polychaeta errantia und bei den Alciopidae (Alciope) — (Bewegliche Formen) und bei den Serpulidae (Sabella und Fabricia), Terebillidae und Arenicolidae (Arenicola) — (Unbewegliche Formen). Aufserdem sind Lithocysten noch vorhanden bei den *Larven* von Terebillidae, von Eupomatus (Fam. Serpulidae) und bei noch einer Larve von Chaetopoden.

Bei den ausgewachsenen Formen ist die Wand dieser Otocysten oder Lithocysten mit Epithel bedeckt, die Höhle der Cyste selbst enthält Flüssigkeit und einen oder mehrere Otolithen.

d) *Rotatoria*

besitzen Sinnesorgane (wahrscheinlich Tast- oder Spürorgane). Augen finden sich nicht selten als unpaarige Pigmentkörper oder als paarige mit lichtbrechenden Kugeln verbundene Pigmentflecke, dem Gehirn aufliegend. Keine Lithocysten.

V.

ARTHROPODA.

A. *Crustacea* = Krebse.

a) Entomostraca. Keine Lithocysten.

b) Malacostraca.

1. Leptostraca (keine Lithocysten), 2. Arthrostraca, 3. Thoracostraca.

Von den Arthrostraca finden sich nur beim Oxycephalus (Amphipoda) zwei

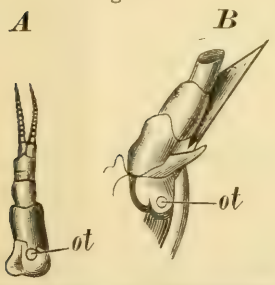
Lithocysten mit Otolithen oberhalb des Gehirns vor. Sie kommen auch ausnahmsweise unter den Schizopoden (Thoracostraca) bei der Fam. Mysidae vor. Bei den Dekapoden (Thoracostraca) sind die Lithocysten stets vorhanden.

Die Lithocysten befinden sich bei den Crustaceen in irgend einem Appendix; sie liegen hier auch nicht so tief wie bei den Mollusken.

Bei allen Dekapoden liegt das Gehörorgan im Basalgliede der inneren Fühler (Antennulae). Es stellt eine gewöhnlich offene Vertiefung der Chitinhülle dar; nur in vereinzelten Fällen nimmt hier das Gehörorgan eine blasenförmige Gestalt an (Hippolyte). Die Öffnungsstelle der offenen Gehörblasen wird von kleinen borstenförmigen Gebilden umgeben; seltener ist dieselbe von einer dünnen, leicht hervortretenden Falte bedeckt. Die Gehörgrube enthält Sandkörner, welche von aufsen hineingelangen, und jedenfalls die Rolle von Otolithen übernehmen. (HENSEN, KREIDL.)

Der Boden des Grübchens ist mit den sogenannten *Hörhaaren* ausgestattet, über welche wir bereits (S. 116 Fig. 61, 62, 63, 64) gesprochen haben.

Fig. 118.



Gehörorgan des Flufskrebses (Astacus fluviatilis) n. BRANDT.
A Innerer Fühler (Antennula). *ot* Gehörorgan.
B Dasselbe in stärkerer Vergröfserung.

Die Fiederborsten, welche in ihrer Gestalt an die Hörhaare erinnern, und welche die Antennen und einige Stellen des Körpers von Malakostraken bedecken, werden von einigen ohne irgend eine faktische Grundlage als Gehörorgane angesehen.

Über das Gehörorgan von Mysis oculata siehe Seite 540.

B. *Protracheata* (Onychophora).
Gehörorgan unbekannt.

C. *Myriopoda.*
Gehörorgan unbekannt.

D. *Hexapoda* (Insecta).
Ihre hypothetischen Gehörorgane sind bereits S. 121—123 beschrieben.

Lithocysten hat man bei den Insekten nicht vorgefunden.

E. *Arachnoidea.*
Gehörorgane unbekannt.

VI.

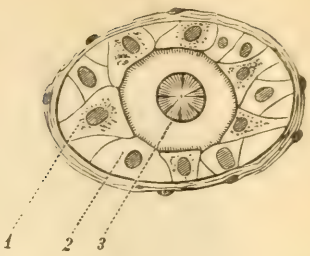
MOLLUSCA.

Bei den Weichtieren sind die Otocysten oder Lithocysten weit verbreitet; sie stellen geschlossene Gehörblasen mit Flimmerhaaren an der Innenwand dar. Gewöhnlich sind sie paarig und befinden sich am Fufsganglion oder am Gehirn. Stets werden sie von Nervenfasern, welche dem Gehirnganglion entspringen, innerviert. Im Bläschen selbst findet sich entweder ein Stein (Otolith) oder eine Anhäufung verschiedener Krystalle vor. Bei allen Weichtieren sind Augen und Tastorgane beschrieben.*)

*) Die detaillierte Erklärung der hier aufgenommenen Zeichnungen befindet sich bei: LEYDIG. Über das Gehörorgan der Gasteropoden. Taf. XIX. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. VII, p. 202—218. 1871. Aufserdem siehe LACAZE-DUTHIER. Otocystes de Mollusques. Arch. de Zoologie. I p. qt. — J. RANKE siehe S. 119. — v. IHERING. Die Gehörwerkzeuge der Mollusken. Erlangen. 1876. — SIMROTH. Über die Sinnesorgane unserer einheimischen Weichtiere. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXVI.

A. *Solenogastres.*
B. *Lamellibranchiata.*
Fam. Cycladidae: Cyclas cornea.
C. *Scaphopoda.*
D. *Gastropoda.*
1. Placophora.
2. Prosobranchia.
Fam. Paludinidae: Paludina vivipara, Paludina impura.

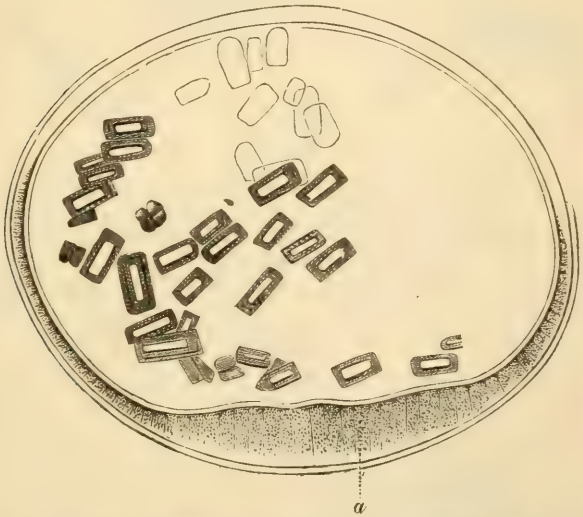
Fig. 119.



1 Flimmerepithel, *2* Zwischenepithel, *3* Otolith.

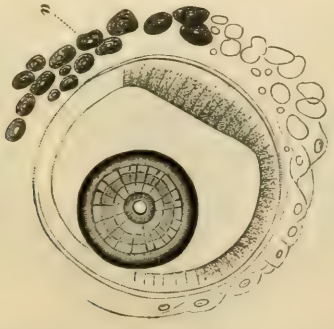
Gehörorgan von Cyclas cornea (nach LEYDIG).

Fig. 120.



Gehörorgan von Paludina vivipara (nach LEYDIG). (Durch das Deckgläschen leicht zusammengedrückt.) Es ist nur ein Teil der Otolithenkrystalle aufgezeichnet.
a Stelle, an der das Epithel erhöhter ist.

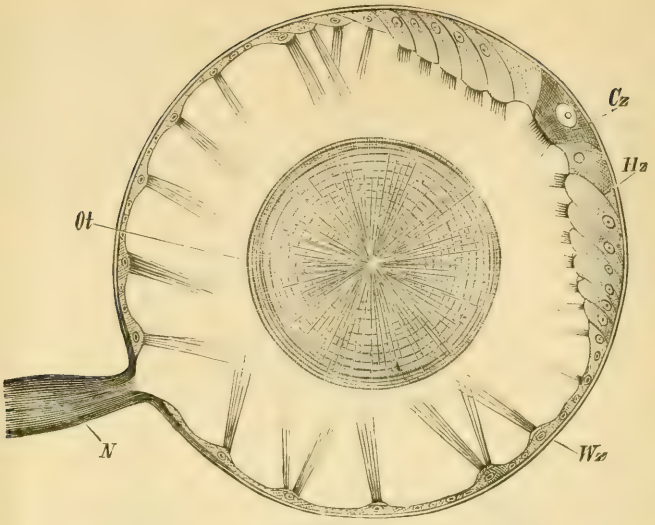
Fig. 121.



Gehörorgan von Paludina impura (nach LEYDIG).
a kalkhaltige Körperchen im lockeren, das Gehörbläschen umgebenden Zellgewebe.

3. Heteropoda. Fam. Pterotracheidae: Pterotrachea carinaria, Pterotrachea mutica. (Siehe RANKE nebst Abbildung S. 119.)

Fig. 122.



Gehörblase von Pterotrachea (nach CLAUS).
N n. acusticus, *Ot* Otolith im Innern der mit Flüssigkeit erfüllten Blase. *Wz* Wimperzellen an der Innenfläche der Blasenwand. *Hz* Hörzellen, *Cz* Centralzellen.

4. Pulmonata. Fam. Helicidae: Helix pomatia, Helix rotundata, Succinia amphibia.

Fig. 123.

Helix pomatia (nach LEYDIG).
Die Cyste ist durch das Deckgläschen leicht komprimiert.
(Starke Vergrößerung.)

Fig. 124.

Helix rotundata (nach LEYDIG). Nicht komprimiert.
a lockeres Zellgewebe. *b* Muskelzüge, welche über die Cyste hinwegziehen.

Fig. 125.

Otolithencyste von Succinia amphibia (nach LEYDIG). Starke Vergrößerung.

E. Cephalopoda.

Die Otolithencysten der Cephalopoden sind in Knorpelkapseln eingeschlossen, welche Fortsätze des Kopfknorpels sind.

VII.

MOLLUSCOIDEA.

Das Vorkommen von Sinnesorganen bei Molluscoiden ist noch nicht vollkommen erwiesen.

VIII.

TUNICATA.

Besitzen Augen, Tastorgane und Otolithenblasen.*)

Methoden der Entfernung von Lithocysten.

Bei Coelenteraten hat man bis jetzt experimentelle Entfernungen von Lithocysten noch nicht ausgeführt. — Bei den Würmern ist nach der Ansicht von DELAGE ein derartiger operativer Eingriff wegen der Nachbarschaft der Gehirnganglien kaum durchführbar. Aufserdem sind gerade diese Tiere zu Versuchszwecken wenig geeignet, da ihre Bewegungen schon im normalen Zustande träge und unregelmäfsig vor sich gehen. — An Crustaceen hat man eine gröfsere Anzahl von Versuchen anstellen können.

Arthropoda. Crustacea.

Entfernung der Otocyste bei Crustaceen nach YVES DELAGE (1887).

A. *Schizopoda.*

Bei Mysis befindet sich das Gehörorgan an der Schwanzflosse. Dieselbe besteht aus fünf flachen Lamellen; einer mittleren (Telson) und zwei Paaren Seitenlamellen. Die inneren Seitenlamellen schliefsen eine Gehörblase ein. Die ganze Operation der Entfernung dieser Gebilde besteht im einfachen Abschneiden der inneren Lamellen.

Fig. 126.

Mysis oculata (nach G. O. SARS). *Gb* Gehörblase.

B. *Decapoda.*

1. Macrura.

a) *Palaemon* (crevette).

Die Otocysten erscheinen dem unbewaffneten Auge oder bei schwacher Lupenvergröfserung als schwarze Punkte im Basalglied der kurzen Antennulae.

*) M. USSOFF. Beitrag zur Kenntnis der Organisation der Manteltiere. Bericht der K. Ges. der Freunde der Naturforschung. Moskau. 1876.

Um erstere zu zerstören, kratzt man sie mit einer dicken Nadel aus, oder man schneidet mit einem scharfen Skalpell die kurzen Antennulae an ihrer Basis unterhalb der Gehörblase ab.

b) *Gebia.*

Schwimmen meist frei im Wasser. Es lassen sich bei ihnen die Antennulae ohne besondere Mühe herausziehen, da sie an einer dünnen Basis sitzen, auch ohne tödlichen Blutverlust, wie dies bei Palaemon bei einem derartigen Eingriff der Fall sein dürfte.

2. Brachyura.

Bei Brachyura (Corystides, Polybius) lassen sich die inneren Fühler noch leichter herausziehen, als bei Gebia. Dieselben haben ein ziemlich dickes Basalglied, welches in einer kleinen Grube des vorderen Kopfrandes sich befindet und mit einem kurzen dünnen Wulst versehen ist. In diesem Wulst befindet sich die Otocyste. Um sie zu entfernen, genügt es, in das Basalglied eine ziemlich dicke Nadel einzuführen.

Mollusca.

Entfernung des Hörbläschens des Kopffüfslers nach Yves Delage (1887).

Man legt das Tier so hin, dafs die Bauchfläche nach oben zugekehrt, während der Körpersack nach dem Operierenden hin gerichtet ist. Ein Assistent nimmt in jede Hand vier Arme, nachdem er sie in einen Lappen gewickelt hat. Der Operierende schiebt den Trichter*) nach unten zu weg und führt ungefähr 1 cm oberhalb desselben einen queren, durch die ganze Haut dringenden Schnitt in der ganzen Breite des Kopfes aus. Die Haut, welche aufserordentlich elastisch ist, zieht sich kräftig zurück, wodurch die Wunde breit klafft, und man die unten liegenden Muskeln zu sehen bekommt. Nun sucht man mit dem Finger den Kopfknorpel abzutasten, welcher leicht aus der übrigen Sackoberfläche des Körpers etwas seitwärts von der Mittellinie hügelartig hervorragt. Dies ist gerade die Stelle, an der sich die Otocyste befindet. Nun werden hier mittels eines einzigen 4—5 mm langen Schnittes die Muskeln und der Knorpel durchgeschnitten. Ist der Schnitt regelrecht ausgeführt, so trifft man direkt die Gehörblase.

Werden nun die Wundränder etwas auseinandergezogen, so erhält man einen Einblick in die Gehörblase, auf deren Grund ein weifser Otolithenfleck bemerkbar wird. Mittels einer kleinen Curette von der Gestalt einer zugeschnittenen Gänsefeder wird nun der Otolith extrahiert.

Gelingt die Operation, dann mufs man das Tier eine Zeitlang in Ruhe lassen; ist sie aber nicht geglückt, so mufs man gleich an der anderen Seite weiter operieren. Bei einiger Fertigkeit lassen sich beide Otolithen in 3—4 Minuten extrahieren.

Während des Operierens ist es angezeigt, folgende Vorsichtsmafsregel zu beobachten. Man mufs erstens sowohl die grofse Vene, welche 3—4 mm abseits von der Mittellinie liegt, als auch zweitens den Kopfsinus, welcher bei allzutiefem Schnitt durch den Knorpel oder bei Schnittführung nach aufsen von demselben leicht verletzt werden kann, zu meiden suchen.

Beobachtet man diese Regel nicht, so geht das Tier in diesem wie in jenem Falle leicht an Verblutung zu Grunde. Manchmal beobachtet man, dafs das Tier nach der Operation vollständig weifs wird. Diese Erscheinung

*) Siehe Lehrbuch der Zoologie von Claus.

wird durch eine Verletzung der die Chromatophoren versorgenden Nerven bedingt. Ein solcher Umstand übt jedoch keinen Einfluſs auf die Reinheit des Versuchs aus.

Das operierte Tier erholt sich sehr bald und unterscheidet sich dann in nichts von den normalen Mollusken.

IX.

VERTEBRATA.

Pisces.

Über die topographische Lage der verschiedenen Teile des Labyrinths bei einigen Fischen.*)

Die bei den Evertebraten einfache, mit Flüssigkeit gefüllte und einen Otolithen enthaltende Blase, welche ohne irgend eine ernste Grundlage als Gehörorgan angesprochen worden ist, erfährt bei den Vertebraten eine namhafte Veränderung ihrer primären Gestalt; sie zeigt bei den Vertebraten Ausbuchtungen in Gestalt von Halbkugeln, eines Sackes oder von Röhren, welche den Bau des inneren Ohres zu einem so komplizierten gestalten, daſs die alten Forscher hierdurch veranlaſst worden waren, ihm den Namen eines „Labyrinths“ zu verleihen. Bei aller Verschiedenheit des Baues und der Gestalt des inneren Ohres bei den verschiedenen Vertebratenklassen befindet sich dasselbe bei allen Wirbeltieren zu beiden Seiten des Schädels, zwischen dem n. trigeminus und dem n. vagus, während der n. acusticus an dessen innere oder Schädelfläche herantritt. Die allereinfachste Form des Gehörorgans bei Wirbeltieren treffen wir bei den Myxinoiden an.

A. Leptocardii.

Bei Amphioxus lanceolatus (Lanzettfischchen) hat man Gehörorgane noch nicht auffinden können. Dagegen besitzt er Augen in Gestalt von zwei Pigmentflecken und Geruchsorgane.

B. Cyclostomi.

Fam. Myxinoidae: Myxine glutinosa.

Öffnet man die Schädelhöhle von Myxine von oben her und legt man das Kopfhirn und den Anfangsteil des Nachhirns bloſs, so erblickt man zu beiden Seiten des hinteren Teils des Gehirns die zwei Knorpelkapseln des Gehörorgans. Dieselben lassen sich am besten abpräparieren, wenn man ein frisches Tier zwei Tage lang der Einwirkung von 20% Salpetersäure ausgesetzt hat (RETZIUS). Nach Entfernung des Gehirns treten die Kapseln noch deutlicher hervor. Sie erscheinen in der Richtung von oben nach unten zusammengedrückt. Ihre vorderen Enden gehen stark nach auſsen auseinander und bilden auf diese Weise einen nach vorn offenen Winkel. Wenn man die Kapsel an ihren Rändern eröffnet, so findet man, daſs ihr innerer Bau dem äuſseren entspricht. Nach oben und innen zu befindet sich in der Kapsel eine groſse ovale Öffnung, welche von einer bindegewebigen Membran, welche mit der dura mater verwachsen ist, bedeckt wird. Diese Membran zeigt verschiedene kleine Öffnungen zum Durchtritt der Nerven.

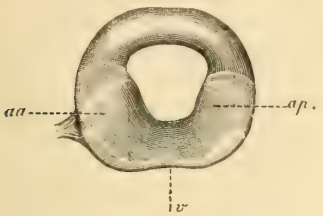
---

*) Im vorliegenden Kapitel sind die Arbeiten C. HASSEs und GUSTAV RETZIUS', sowie diejenigen von C. GEGENBAUR: „Grundriſs der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere“, 1878, und von WIEDERSHEIM: „Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere“, 1883, u. a. verwendet worden.

In der Kapselhöhle liegt das *membranöse Gehörorgan*, welches die Gestalt eines unregelmäfsigen Ringes mit verschiedenen Abteilungen hat. An demselben läfst sich ein oberer engerer Teil (*arcus*, nach WIEDERSHEIM) und ein niederer breiterer Teil — Vorhof, vestibulum — unterscheiden.

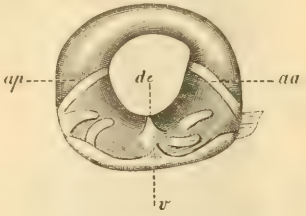
RETZIUS zugleich mit IBSEN (1846) sowie KETEL und HASSE (1872) unterscheiden folgende Teile: Saccus communis (Saccus lapilli cylindraceus IBSEN), Ampulla anterior, Ampulla posterior, Canalis communis und Ductus endolymphaticus (Aquaeductus vestibuli).

Fig. 127.



Linkes Ohr von aufsen.

Fig. 128.



Linkes Ohr von innen.

(Nach HASSE.)

v vestibulum, *aa* ampulla anterior, *ap* ampulla posterior, *de* ductus endolymphaticus.

Der saccus communis ist nach unten und innen gelegen; er hat nach RETZIUS die Gestalt eines Cylinders, welcher in der Richtung von vorne aufsen nach hinten innen sich erstreckt und in eigentümliche flaschenförmige Erweiterungen — in die Ampullen übergeht. Die ampulla anterior bildet eine runde Ausbuchtung in der Wand und geht nach hinten unten und aufsen. Nach oben zu wird die Ampulle plötzlich enger und geht in den canalis communis über, welcher wiederum nach hinten zu in eine etwas kleinere Ampulle übergeht.

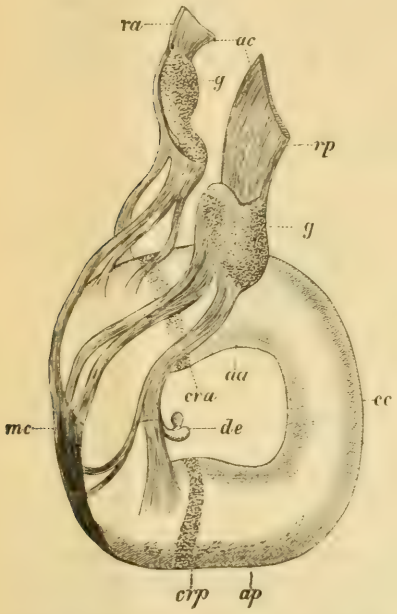
Das ganze membranöse Organ ist mit einer durchsichtigen, wasserhellen und dünnflüssigen Substanz, der *Endolymphe*, ausgefüllt. Es liegt ferner den Kapselwänden keineswegs dicht an, sondern ist von denselben durch den *sogenannten perilymphatischen Raum* getrennt, welcher mit einer zähen Perilymphe ausgefüllt und von Bindegewebsfasern durchzogen ist. Am oberen Teil des saccus communis erblickt man einen dreieckigen hohlen Fortsatz, welcher den sogenannten ductus endolymphaticus, aquaeductus vestibuli vorstellt. Derselbe dringt als feiner Kanal bis in die Schädelhöhle ein, woselbst er mit einer birnenförmigen Erweiterung — dem saccus endolymphaticus — endet.

Der Gehörnerv hat drei Endungen, von denen die eine breitere im *saccus communis* in der *macula acustica communis*, und die zwei dünneren in den Ampullen in der sogenannten *crista acustica ampullae anterioris* und *crista acustica ampullae posterioris* sich befinden. Die *macula acustica* liegt an der inneren unteren Wand, sie hat eine längliche Gestalt und zeigt nach vorn und hinten eine derartige Symmetrie, dafs man an ein Schmetterlingsflügelpaar erinnert wird.

Der Gehörnerv nimmt seinen Anfang im Gehirn hinter dem trigeminus mit zwei Wurzeln und verläuft dann in zwei getrennten Ästen (Fig. 129 *ac rp*). Jeder von den letzteren zerfällt, nachdem er je ein Ganglion gebildet hat, in eine Reihe dünnerer Ästchen. Der vordere Ast (mit dem vorderen grofsen Ganglion) teilt sich in ein mittleres breiteres und in zwei dünnere Ästchen, in ein oberes und in ein unteres, welches in der crista amp. anterioris (*cra*) endet, während das mittlere breite Ästchen sich nach innen wendet, eine dichotomische Teilung eingeht und in das

vordere Ende der macula communis übergeht. Vom hinteren kleineren Ganglion gehen zwei längliche, dünne, flache Äste ab, von denen der vordere, welcher wiederum in zwei Äste zerfällt, in der mittleren Partie der macula communis endet. Das hintere Ästchen teilt sich wiederum in zwei Bündelchen, von denen das vordere sich dichotomisch teilt und sich am hinteren Ende der macula communis ausbreitet, während das hintere gröfsere geradeaus nach hinten verläuft entlang dem oberen Teile der ampulla posterior und in der crista ampullae post. endet. Diese Verteilung der Hörnerven bezeichnet auf eine vollkommen scharfe Weise die spätere Differenzierung der einzelnen Teile des Labyrinths bei den entwickelteren Formen, demzufolge auch den funktionellen Unterschied der ersteren.

Fig. 129.



Halbkreisförmiger Kanal von Myxine glutinosa mit dem akustischen Nerven. (Nach RETZIUS.)

- *ac* N. acusticus, aus zwei Ästen bestehend,
- *ra* Ramus anterior acustici,
- *rp* Ramus posterior acustici,
- *g* Ganglien des n. acusticus,
- *aa* Ampulla anterior,
- *ap* Ampulla posterior,
- *cra* Crista acust. ampullae anterioris,
- *crp* Crista acust. ampullae posterioris,
- *mc* Macula acustica communis,
- *cc* Canalis communis,
- *de* Ductus endolymphaticus.

Die macula tritt in der Mitte und an ihren Rändern reliefartig hervor. Sie besteht aus flaschen- oder kolbenförmigen Härchenzellen, auf denen die Otolithenscheibe ruht. Letztere hat ungefähr dieselben Dimensionen, wie die macula, ihre Ränder sind mehr oder weniger gezähnt, sie selbst ist so dünn und auf so zarte Weise an der membranösen Wand angeheftet, dafs es nur einer sehr unbedeutenden Berührung bedarf, um sie von letzterer loszulösen und in kleine Stückchen zu zerfasern. Mikroskopisch erscheint sie als aus zahlreichen, fest zusammengefügten, stark lichtbrechenden, gelb schillernden, mit Rosanilin sich färbenden, runden, ovalen, hügeligen oder unebenen Körnern bestehend. Auftragen von Essigsäure führt zu keiner Kohlensäureausscheidung. Auf welche Weise dieses Gebilde an den Haaren der Härchenzellen festgehalten wird, vermochte RETZIUS nicht zu bestimmen. Nach WIEDERSHEIM sind auch die cristae acusticae mit einer Otolithenscheibe bedeckt, welche sonst bei allen übrigen Tieren frei liegen. Die cristae ampullarum erscheinen wie dünne Bändchen, welche beide Ampullen ringsherum gleichsam umgürten. Die vordere crista (in der Zeichnung als weifses dünnes Streifchen) verläuft in der Richtung von vorne innen nach hinten aufsen. Umgekehrt ist die Anordnung an der hinteren Ampulle. Auch die cristae bestehen aus ähnlichen flaschenförmigen Härchenzellen wie die macula communis, nur sind dieselben an den cristae kleiner.

RETZIUS behauptet zugleich mit KETEL und HASSE, dafs die beiden Ampullen der Myxinen der vorderen und hinteren Ampulle der Bogengänge der Fische und

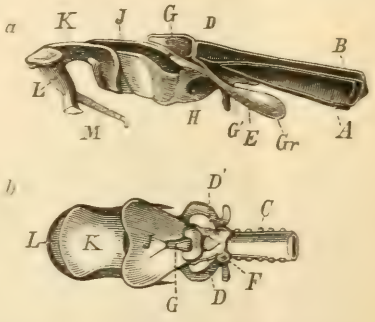
der übrigen Wirbeltiere entsprechen. Dagegen entspräche der canalis communis nicht den Bogengängen, sondern eher dem utriculus der höher entwickelten Fische. Dem saccus entspricht der sacculus, da hier der ductus endolymphaticus seinen Anfang nimmt und die macula sich an der Wand des saccus befindet. Die macula acustica communis scheint ein zusammengesetztes, noch nicht differenziertes Gebilde zu sein, wie die Ausbreitung der Fasern des n. acusticus darauf hindeutet.

Fam. *Petromyzontidae*: Petromyzon marinus, Petr. fluviatilis.

Um die knorpeligen Gehörkapseln des Neunauges abzupräparieren, behandelte RETZIUS den frischen Kopf mit 20%iger Salpetersäure. Die knorpeligen Gehörkapseln des Neunauges haben eine längliche, eiförmige Gestalt und liegen zu beiden Seiten des knorpeligen Schädels. Die beiden Kapseln liegen fast parallel zu einander. An der inneren Seite der Kapsel befinden sich zwei von der dura mater bedeckte Öffnungen: durch die untere Öffnung dringt der Stamm der Gehörnerven in den Kapselraum ein.

a im Medianschnitt,
b in der Ansicht von oben,
A Chorda.
B Rückgratkanal,
C Rudimente von Wirbelbögen,
D knorpliger Teil des Schädelgewölbes,
D' häutiger Teil des Schädelgewölbes,
E Schädelbasis,
F Gehörkapsel.
G Nasenkapsel,
G' Nasengaumengang,
Gr blindes Ende desselben,
H Fortsatz des knöchernen Gaumens.
J hintere Deckplatte des Mundes,
K vordere Deckplatte,
L Lippenring,
M stielförmiger Anhang desselben.

Fig. 130.



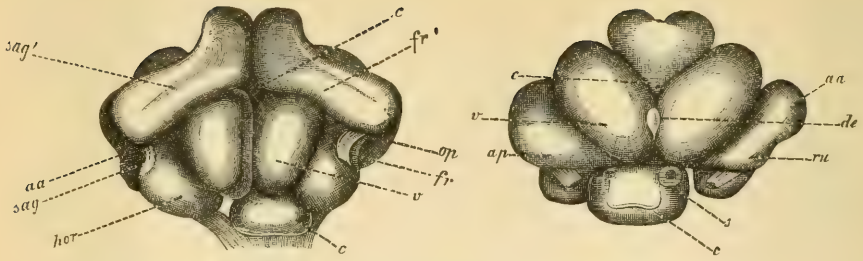
Schädel und Anfang der Wirbelsäule von Petromyzon marinus. (Nach JOH. MÜLLER.)

Das membranöse Gehörorgan füllt beinahe vollständig die Knorpelkapsel aus, so dafs der perilymphatische Raum sehr unbedeutend ist. Seine wahre Gestalt läfst sich nur nach vollständiger Entfernung der Knorpelkapsel feststellen. Dieselbe erscheint hügelig und länglich oval. RETZIUS, sowie MÜLLER und KETEL wollen am membranösen Gehörorgan folgende Teile unterschieden wissen: das vestibulum (Vorhof), ein sackförmiges Anhängsel, zwei halbkreisförmige Kanäle, eine Kommissur, 2 Ampullen, von denen jede zwei seitliche Abteilungen besitzt, 2 mit dem Vorhof verbundene Gänge und schliefslich den nervus acusticus mit dessen Ästen.

Das vestibulum bildet den gröfsten Teil des Gehörorgans und ist durch eine Furche, den sulcus frontalis — in zwei Blasen geteilt. Jede von ihnen hat, von oben gesehen, die Gestalt einer unregelmäfsigen Birne, deren breiteres Ende (*v*) nach innen zu in die Schädelhöhle hineinragt, während das schmälere Ende nach aufsen zu gerichtet ist (*v'*). Dem sulcus frontalis entspricht im inneren Raum des Vorhofes eine leistenförmige Erhebung — die sogenannte crista frontalis KETELs, welche die Vestibularhöhle in zwei kleine Höhlen trennt.

Die innere (mediale) Wand jeder dieser durch die crista front. gebildeten Vestibularabteilungen zeigt eine grofse ovale Grube, welche nach unten und innen gerichtet ist. An der lateralen Wand befindet sich ebenfalls eine kleinere ovale, birnenförmige Grube, welche nach unten aufsen gerichtet ist. Jeder dieser Gruben

Fig. 131. Fig. 132.



Membranöses Gehörorgan von Petromyzon fluviatilis (nach HASSE).
Fig. 131 von aufsen, Fig. 132 von innen.

aa ampulla anterior, *ap* ampulla posterior, *hor* ampulla horizontalis, *sag* ampulla sagittalis, *sag'* canalis semic. sagittalis, *fr* ampulla frontalis, *fr'* canalis semic. frontalis, *c* commissura, *ru* recessus utriculi, *v* vestibulum, *s* sacculus, *c* cochlea, *de* ductus endolymphaticus.

Fig. 133.

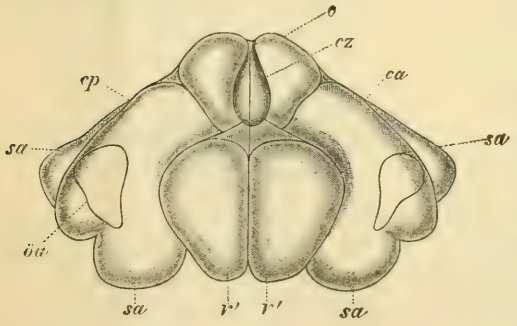
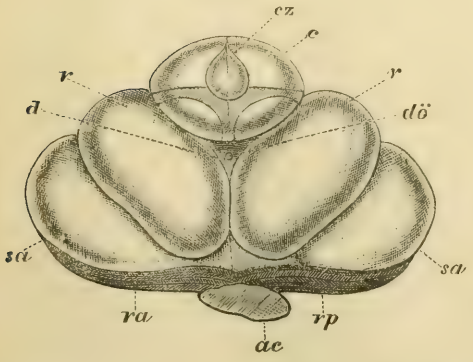


Fig. 134.



Figg. 133 u. 134. Membranöses Gehörorgan von Petromyzon fluviatilis (nach RETZIUS).
18 mal vergröfsert.
Fig. 133 von aufsen, Fig. 134 von innen.

ac Acusticus,
ra Ramus anterior acustici,
rp Ramus posterior acustici,
v Vestibulum von der Seite der Schädelhöhle,
v' Vestibulum von aufsen,
c Commissura,
d der dreieckige Teil unter der Kommissur,
dö kleine Öffnung in letzterem,
cz spindelförmiger Körper in dem Kommissurenhöhlraum,
ca Canalis semicircularis anterior s. sagittalis,
cp Canalis semicircularis posterior s. frontalis,
sa Seitenabteilung der ampulla trifida,
öa Öffnung, welche von der ampulla trifida in das vestibulum führt.

entspricht von aufsen eine kugelförmige Ausbuchtung. Die mediale und die laterale Grube sind von der hinteren und vorderen Vorhofswand durch die crista medialis et lateralis anterior et posterior getrennt.

Zwischen den beiden Ästen der sich oben gabelförmig teilenden crista frontalis

befindet sich eine ei- oder herzförmige Öffnung, durch welche die Vorhofshöhle mit der Kommissur kommuniziert. Dieser Labyrinthabschnitt liegt über dem Vorhof und füllt, von der Schädelhöhle aus gesehen, den Winkel zwischen den beiden Vestibularhöhlen aus. Die Kommissur erscheint als eine ovale (RETZIUS) oder herzförmige (HASSE), von oben nach unten zusammengedrückte Blase, welche gerade in der frontalen Mittellinie des Vorhofs liegt. (Um die hier angeführten Zeichnungen zu verstehen, mufs man sie sich als im Profil zu beiden Seiten des Schädels gezeichnet vorstellen.) Von der Aufsenseite sieht man nur den oberen Teil der Wand — das Dach der Kommissur. Durch die Innenwand der Kommissur schimmert ein kompaktes rundes Gebilde durch, das an ihrem Dach mittels feiner Fäserchen befestigt ist (*cz*). Von oben geschen erscheint dieses Gebilde von spindelförmiger Gestalt; es liegt in der Frontalebene gerade über der herzförmigen Öffnung des Vorhofs. In die Kommissurhöhle ragt es als halbmondförmige Falte herein, welche den ganzen Raum in zwei symmetrische Hälften teilt.

Die Commissur geht ohne Unterbrechung in die *halbkreisförmigen Kanäle* über, indem sie in jeden derselben mit einer eigenen Öffnung sich öffnet. Die halbkreisförmigen Kanäle, von denen der eine dem *vorderen* (*sagittalen*, sag') und der zweite dem *hinteren* (*frontalen*, fr') entspricht, haben das Aussehen von cylindrischen, vollkommen symmetrischen Röhrchen; der eine verläuft nach vorn aufsen und der zweite nach unten aufsen. Diese Kanäle liegen über dem Vorhof, mit dessen Wand sie fest verwachsen sind. Nach unten zu erweitern sie sich kolbenförmig und bilden auf diese Weise *eigene Ampullen* (sag, fr), welche den mittleren Teil der ampulla trifida JOH. MÜLLERs und IBSENs darstellen. Am unteren Ende der ampulla wird eine Falte sichtbar, welcher an der Innenfläche der Wand eine quere ampulläre crista entspricht — die crista acustica. Letztere erscheint als ein in der Mitte verengtes, an den Seiten breiteres, bandförmiges Plättchen, dessen Enden ein zungenförmiges Aussehen haben. Gegenüber der crista acustica endet der Boden des halbkreisförmigen Kanals, d. h. der Teil desselben, welcher mit der Vorhofswand in der Gestalt einer kleinen zungenförmigen Ausbuchtung verwachsen ist. Zwischen dieser Ausbuchtung und der crista acustica befindet sich ein querverlaufender, länglicher Raum, in dessen Mitte eine crista der Länge nach verläuft: die crista longitudinalis KETELs. Auf diese Weise wird das lumen der Öffnung, durch welche die ampulla mit dem benachbarten Hohlraum kommuniziert, in zwei Hälften geteilt.

Durch diese Öffnung gelangt man aus jeder Ampulle in zwei taschenförmige Abteilungen, in die sogenannten Seitenteile. (Diese sämtlichen Abteilungen stellen die sogenannte ampulla trifida dar, deswegen so benannt, weil die zuletzt beschriebenen zwei Abteilungen mit der eigentlichen ampulla wie eine dreifache ampulla aussehen.) Auf diese Weise hat sowohl die vordere als auch die hintere Ampulle je eine laterale und eine mediale Abteilung, durch welche letztere sie mit der Vestibularhöhle kommunizieren, welche von ihnen durch Falten — den sulcus medialis et lateralis und die ihnen entsprechenden Kämme der crista medialis et lateralis — getrennt sind.

Bis jetzt haben wir uns nur mit den symmetrisch verteilten Abteilungen des Gehörorgans befafst. Am unteren Teile desselben nun befinden sich die unsymmetrischen Stücke.

Die untere Wand der Vorhofshöhle ist zum grofsen Teil von einer langgestreckten, ovalen Öffnung eingenommen, welche in die übrige Abteilung des Gehörorgans führt — in den *sackförmigen Anhang* (MÜLLER). Diese Öffnung liegt nicht in der Mitte, sondern etwas nach hinten. Nach vorn und hinten von derselben in der Richtung zu den Seitenteilen befindet sich ein Streifen (Zone) des vestibularen Randes, welcher nach vorn zu etwas breiter ist, als nach hinten. In der vorderen Ebene der Zone zwischen dem hinteren Ende der crista longitu-

dinalis und dem Rande der Öffnung des sackförmigen Anhangs ist eine kleine, runde, wenig vertiefte Grube mit scharf markierten Rändern vorhanden, auf deren Grund sich ein kleiner runder Hügel erhebt; dieses Gebilde hält KETEL für den recessus sacculi. Im hinteren Teil der Zone ist nichts Ähnliches zu finden.

Wie schon erwähnt, führt die grofse Öffnung in den sackförmigen Anhang, der wie eine ovale, an den Seiten leicht zusammengedrückte Blase aussieht, welche durch eine Ausbuchtung der Vorhofswand gebildet ist. Auf der inneren Wand des Anhängsels befindet sich eine ovale knopfförmige Erhebung.

Der Gehörnerv läfst sich viel schwerer am Neunauge verfolgen, als an den Myxinen (RETZIUS). Bei den Neunaugen besteht der ganze n. acusticus aus marklosen Fasern, welche von einem dünnen, sehr zellreichen Gewebe eingeschlossen sind.

Die ganze Innenwand des Vorhofs ist nach ECKER von einem einschichtigen Flimmerepithel, aus welchem auch die crista frontalis besteht, ausgekleidet. Die Kommissur hat Plattenepithel, welches an den Kämmen in Cylinderepithel übergeht. Die Bogengänge haben Plattenepithel. Der gröfsere Teil der Ampullen, mit Ausnahme der Stelle, an welcher sie in den Vorhof übergehen (Raphe), weist Plattenepithel auf, während die cristae acusticae cylindrische Härchenzellen zeigen. Die ampullären sackförmigen Anhänge sind gröfstenteils mit polygonalen Plattenepithelzellen bedeckt. Vom vorderen medialen Seitenanhang beginnend, breitet sich die Nervenepithelschicht nach hinten von der crista longitudinalis aus, indem sie einen Hügel in der höher oben beschriebenen Grube bildet, den Rand der Öffnung umfafst und sich an der Stelle in den Seitenanhang senkt, wo sich die knopfförmige Erhebung befindet. Dieses ganze Gebilde hält KETEL für die macula acustica, welche nach seiner Meinung in drei Abteilungen zerfällt: in die macula recessus utriculi, die macula sacculi und die papilla cochleae.

Auf diesem Fleck scheint die Otolithenmembran*) mit einer grofsen Anzahl

*) BREUER (1891) spricht sich über die Otolithenmembranen folgendermafsen aus: „Wie die Ampullen der Bogengänge, so haben auch die Otolithenmembranen der verschiedenen Wirbeltierklassen einen in den Grundzügen sehr analogen Bau, trotz vielfacher Variationen im einzelnen. Sie bestehen aus einer flächenhaften Ausbreitung des an diesen Partieen verdickten Spindelzellenknorpels; diese trägt eine Platte von (mit Stützzellen und teilweise anderen Epithelzellen vermischtem) „Nervenepithel“. Es sind dies bauchige Epithelzellen, die, am centralen Pol mit Nervenfasern in Verbindung, am peripheren, platten Ende ein Haar tragen. Diese Haare biegen bald nach ihrem Austritt aus den Zellen in eine der Membranfläche parallele Richtung um und treten dabei in ein aus ihnen und anderen faserähnlichen Gebilden bestehendes Flechtwerk (membrana tectoria), in welchem die Haare am gehärteten Organe nicht mehr einzeln unterschieden werden können. Dieses Bild ist vielleicht ein Kunstprodukt. Im Leben besteht dieses flächenhafte Gebilde vielleicht nur aus den Haaren und einer gelatinösen Substanz; durch die härtenden Reagentien müfste dann diese letztere in ein Netz von Fasern verwandelt werden, in welchem die Haare der Beobachtung entschwinden. In der Flankenansicht erscheinen am gehärteten Präparate die Räume zwischen den Fasern als Vacuolen. Die membrana Corti bietet bei Vögeln an ihren dünneren Stellen ganz dasselbe Bild (membrana fenestrata). Feine Durchschnitte zeigen bei Vögeln, dafs die Zellhaare bei ihrem Eintritt in das Fasernetz zu Knotenpunkten desselben werden, das heifst, dafs sie nicht in Vacuolen treten, sondern die Geflechtsfasern sich an sie ansetzen. Diese membrana tectoria liegt dem Epithel nicht unmittelbar auf, sondern es besteht dazwischen ein freier Raum, durch welchen hindurch die Haare von den Epithelzellen in das Flechtwerk treten und dabei um fast 90° die Richtung ändern, wie ein ebensolcher freier Raum zwischen dem Ampullenepithel und der cupula terminalis besteht.

von Krystallen zu ruhen. In der kleinen Grube, in dem sackförmigen Anhang und in dem vorderen medialen Seitenanhang ist ebenfalls eine stärkere Anhäufung von Krystallen bemerkbar.

Morphologische Bedeutung der soeben beschriebenen Teile des Gehörorgans vom Neunauge: die beiden Bogengänge entsprechen dem vorderen und hinteren Bogengange der höheren Fische und der übrigen Wirbeltiere. Die beiden cristae acusticae entsprechen der crista acustica anterior (sagittalis) und posterior (frontalis), während die mittleren Abteilungen der ampulla trifida mit der ampulla anterior und posterior sich vergleichen lassen.

Das vordere Ende der crista longitudinalis darf man jedoch nicht als Rudiment der crista acustica des canalis horizontalis ansehen. Die macula acustica entspricht der macula recessus utriculi, der macula sacculi und der papilla cochleae.

In betreff der übrigen Teile läfst sich mit Bestimmtheit nichts behaupten.

Entfernung des Labyrinths vom Neunauge nach **Cyon** (1878).

Die Operation selbst ist sehr einfach. Man sucht die bereits erwähnte Knorpelkapsel, welche vom Auge in einer Entfernung von 2 mm in der diagonalen Richtung nach dem hinteren Teil der Wirbelsäule sich befindet.

„Nachdem man die Muskelschicht entfernt hat, welche die Kapsel bedeckt, eröffnet man sie mit einem Skalpell. Hiernach wird das membranöse Labyrinth mit der Pincette entfernt.“

Es genügt wohl an die komplizierte Struktur des Gehörorgans vom Neunauge zu erinnern, um die Versuche und die aus diesen gezogenen Schlüsse Cyons (S. 203) mit Vorsicht aufzunehmen, um so mehr, als derselbe eine isolierte und sicher lokalisierte Verletzung der verschiedenen Teile nicht ausgeführt hat. Zukünftigen Forschungen bleibt es demnach vorbehalten, zu ergründen, inwieweit Cyons Vermutungen den Thatsachen entsprechen.

Wenn in einem mit Celloidin gefüllten Labyrinth dieses schrumpft, hebt es die membrana tectoria von der Epithelfläche etwas ab; dabei werden die Haare gestreckt und wohl auch etwas gezerrt, und man findet dann jenen von den Haaren durchzogenen Zwischenraum vergröfsert.

Auf der Deckmembran liegt der Otolith: bei Knochenfischen ein grofser, derber, radiär gefaserter, koncentrisch geschichteter Knochen; bei den anderen Wirbeltieren eine Platte (Otolithenplatte), bestehend aus mehreren oder vielen Schichten von mikroskopischen Kalkkrystallen (Otokonien), welche durch ein schleimiges Bindemittel zusammengehalten werden. Bei manchen Tieren, z. B. dem Frosch, der ja auch am Centralnervensystem so reichliche Anhäufungen von Kalkkrystallen zeigt, sind die Otokonien (der macula sacculi) unverhältnismäfsig massenhaft angehäuft und bilden ein kugeliges Konkrement. Bei Vögeln und Säugern entspricht die Otokonienplatte in Form und Ausdehnung genau dem Nervenepithel.

Am derbsten und klarsten ist der geschilderte Befund an Knochenfischen etc.“

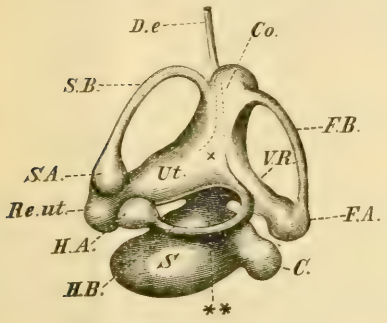
„Ich resümiere das für die Funktion Wichtige dahin: Die Zellhaare sind nicht gerade, senkrecht auf der Epithelplatte, sondern *sie biegen nach kurzem Verlauf ab, liegen dann parallel der papilla nervosa in der gelatinösen Substanz und die so gebildete Deckmembran ist auf ihrer äufseren Fläche mit dem Otolithen oder Otokonien beschwert.* Zwischen den massiven Otolithen der Knochenfische und der Deckmembran liegt manchmal noch die gelatinöse Füllmasse.“

Struktur des Gehörorgans von höher entwickelten Fischen.

Zwischen der Struktur des Gehörorgans der Neunaugen und der übrigen Fische gibt es keine Übergangsformen.

Bevor wir an die Beschreibung des Gehörorgans der einzelnen Fischklassen herangehen, wird es angezeigt sein, zum leichteren Verständnis der anatomischen Struktur desselben das halbschematisierte Labyrinth von Knochenfischen nach der Zusammenstellung WIEDERSHEIMs (nach HASSEs Abbildung) hier anzuführen.

Fig. 135 (nach HASSE).



Das Labyrinth von aufsen.

S.B., *F.B.*, *H.B.* Sagittaler, frontaler und horizontaler Kanal,
S.A., *F.A.*, *H.A.* Sagittale, frontale und horizontale Ampulle,
Co. Kommissur oder sinus superior (RETZIUS) zwischen den Kanälen mit ihrem apex,
Ut. Utriculus,
Re.ut. Recessus utriculi,
V.R. Verbindungsröhre der hinteren Ampulle (*F.A.*),
S. Sacculus,
C. Cochlea,
D.e. Ductus endolymphaticus, der seinen Anfang an der Verbindungsstelle beider Kanäle (des sagitt. und des front.) mit dem horizontalen Kanal nimmt. ** Kanal, welcher die pars superior mit der pars inferior verbindet.

Wir haben es hier also schon mit drei halbkreisförmigen Kanälen zu thun: mit dem *vorderen* oder *sagittalen S.B.*, mit dem *hinteren* oder *frontalen F.B.*, mit dem *äufseren* oder *horizontalen H.B.**)

Von diesen Kanälen besitzt jeder an einem Ende eine kolbenförmige Erweiterung — eine Ampulle. Die Dreizahl der halbkreisförmigen Kanäle, welche hinsichtlich ihrer Gestalt und Gröfse starken Veränderungen unterworfen sind, bleibt bei allen höheren Fischen und Wirbeltieren unverändert und ist für sie typisch. Die Stelle, an welcher Frontal- und Sagittalkanal sich vereinigen, entspricht der Kommissur *Co.* Der sackförmige Raum, welcher von letzterer sowie von der Einmündungsstelle des horizontalen Kanals begrenzt wird, stellt den sogenannten Vorhof, vestibulum, dar. Von diesem Hohlraum geht eine Reihe von röhrenförmigen oder sackförmigen Ausbuchtungen ab.

1. Die Röhre *V.R.* führt in die hintere Ampulle; sie wird von HASSE Verbindungsröhre der hinteren Ampulle genannt.

2. In die zweite Röhre, welche auch utriculus genannt wird, münden die Ampullen des frontalen und horizontalen Kanals. Dieser Hohlraum wird begrenzt durch eine halbkugelförmige Ausbuchtung, den recessus utriculi. Der utriculus erscheint bei den höher entwickelten Tieren als saccus hemiellipticus.

3. An der bereits erwähnten Verbindungsstelle der Kanäle nimmt ein enges Röhrchen seinen Anfang, durch welches die das Labyrinth ausfüllende Flüssigkeit — *die Endolymphe*, mit der Schädelhöhle kommuniziert, und welches von HASSE

*) Auf die Unmöglichkeit, die Kanäle vollkommen ihrer Lage gemäfs zu benennen, ist schon S. 198 hingewiesen worden.

ductus endolymphaticus genannt worden ist. Der letztere entspricht bei den höheren Tieren demjenigen Kanal, welcher die Schädelhöhle mit dem Vorhof verbindet und aquäductus vestibuli genannt wird.

4. Durch eine kleine Öffnung, welche sich am Boden der Kommissur, d. h. an jener Stelle befindet, an welcher die Kommissur, die Kanäle, der utriculus und die Verbindungsröhre der hinteren Ampulle zusammenstofsen, ist die Kommissur mittels eines engen Kanals mit einem länglichen, bläschenförmigen Hohlraum verbunden — dem sacculus (Säckchen). An dessen hinterer Wand bemerkt man eine sackförmige Ausbuchtung *C*., welche zuerst von HASSE beschrieben und von ihm recessus cochleae genannt worden ist. Der recessus sacculi wird bei höher entwickelten Tieren zum sacculus (saccus hemisphaericus), während der recessus cochleae sich bei ihnen allmählich verlängert und, sich spiralförmig windend, zur cochlea, Schnecke, wird.

Durch den erwähnten Verbindungskanal, den canalis utriculo-sacculari*s*, wird nach HASSE das ganze Labyrinth in zwei Teile scharf getrennt, von denen er den höher liegenden pars superior, den tiefer liegenden pars inferior genannt hat. Diese Differenzierung tritt um so schärfer hervor, je höher das Tier organisiert ist. HASSE zeigte, dafs, mit den Fischen beginnend, die Bogengänge weiterhin in ihrer Entwickelung auf derselben Stufe verbleiben, ja dafs sie sogar zum Teil wieder in ihren Dimensionen zurückgehen, während der recessus cochleae hingegen sich stufenweise immer mehr kompliziert und seine höchste Entwickelung bei den Säugetieren als Schnecke erreicht. Diese ursprünglich unbedeutende Ausbuchtung verlängert sich allmählich zur Gestalt eines Fingers, verwandelt sich bei den Amphibien und Vögeln in eine rudimentäre Schnecke und deren Kuppe und erhält an ihrem Ende eine kolbenförmige Ausdehnung, die sogenannte *lagena*. Bei weiterer Entwickelung beginnt dieser Fortsatz sich in Gestalt einer Schnecke spiralförmig zu krümmen. Zugleich mit diesem Wachstum geht auch eine gröfsere Komplikation der mikroskopischen Struktur einher. Hinsichtlich des Nervenendapparates finden wir nun bei den Fischen ebenso wie beim Neunauge die cristae acusticae (aber hier in der Dreizahl) vor, von denen je eine auf jede Ampulle kommt, und zweitens die macula acustica, welche nicht mehr ein ununterbrochen zusammenhängendes Gebilde zeigt, sondern in eine Reihe von isolierten (Übergangsformen noch nicht bekannt) Teilchen oder Endapparaten zerfallen ist, welche sich im recessus utriculi, r. sacculi und r. cochleae lokalisieren. Aufserdem findet sich nach RETZIUS bei allen Fischen, mit den Cyclostomen beginnend bis zu den Säugetieren, ein Nervenfleck in Gestalt von kleinen Kügelchen, welche unmittelbar im ductus sacculo-utricularis sich ausbreiten und von RETZIUS*) macula neglecta genannt worden sind. Man findet sie bei allen Wirbeltieren bis dicht an die Säugetiere heran, wenn auch stellenweise nur als Spur.

Der Stamm des n. acusticus teilt sich bei den Knochenfischen in 3 Äste, von denen der eine nach der sagittalen und horizontalen Ampulle und zum utriculus seinen Verlauf nimmt, der zweite zur hinteren Ampulle und der dritte endlich zum sacculus und zur cochlea sich erstreckt. Aufserdem erhält die macula neglecta auch ein Ästchen, den ramulus neglectus, welcher vom ramus ampullae posterioris entspringt.

Teleostei.

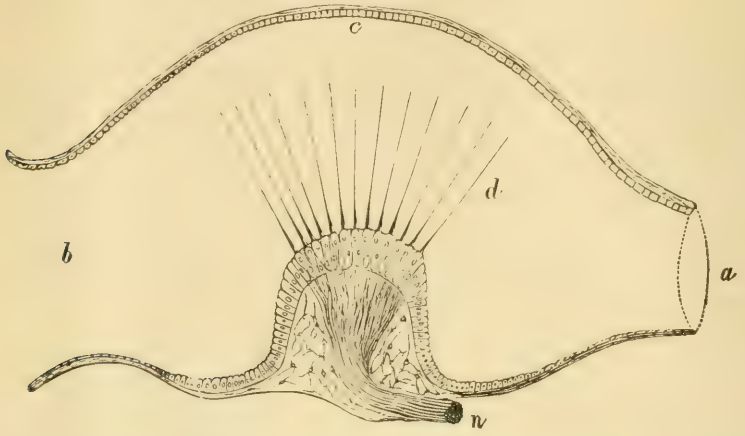
Acanthopteri, Fam. Gobiidae.

Als Beispiel der mikroskopischen Struktur der crista acustica von Knochenfischen möge folgende Abbildung nach HENSEN (1878) dienen, welche einen Längs-

*) Anfangs fafste RETZIUS (1880) diese Stelle als Homologon der Schneckenbasis der höheren Tierarten auf und nannte sie deswegen: pars basilaris cochleae, pars initialis cochleae oder papilla. Späterhin überzeugte er sich jedoch, dafs man es hier mit einem Gebilde für sich zu thun hat, und nannte es macula neglecta, während KUHN diese Stelle als papilla partis basilaris utriculi bezeichnet.

durchschnitt durch die Ampulle von Gobius (Meergrundel) darstellt. Für die richtige Darstellung des Cristaepithels kann HENSEN nicht einstehen.

Fig. 136 (nach HENSEN).

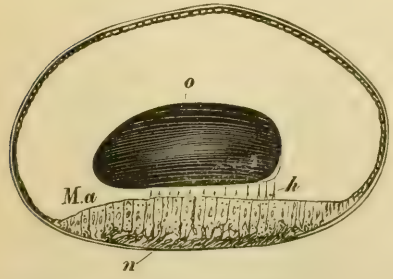


Der Nerv *n* tritt in das Bindegewebe der Crista hinein und verteilt sich in dem Epithel, welches von den Hörhaaren *d* besäumt ist. Die übrige Partie der Ampullarwände ist mit dem Cylinderepithel *c* bedeckt.

a Mündung der Ampulle in den halbkreisförmigen Kanal, *b* Mündung der Ampulle in den alveus communis. LANG (1863) fand, nachdem er das Gehörorgan von Cyprinoiden mit Salpetersäure behandelt hatte, an der crista statt der Haare ein gallertiges homogenes Gebilde, welches er cupula terminalis nannte. Einige Forscher haben später kurze Haare und über denselben die cupula terminalis (HASSE) gefunden. HENSEN hält letztere für ein durch die Reagentien hervorgerufenes Artefakt.

Das Epithel der maculae recessus utriculi, sacculi und cochleae besteht ebenfalls aus cylindrischen Haarzellen, auf deren Haaren Steine verschiedener Gröfse ruhen (Otolithen), wie dies aus der Abbildung Fig. 137, Otolithensack von GOBIUS nach HENSEN, ersichtlich ist.

Fig. 137 (nach HENSEN).



Ma Macula acustica, *n* ihr Nerv, *h* den Otolithen tragende Haare, *o* Otolith.

Man kann sich von der Richtigkeit des Bildes an ganz jungen Fischen überzeugen, bei denen die Otolithen durchsichtig sind und auf verhältnismäfsig längeren Haaren ruhen. Bei älteren Fischen liegt der Otolith zwar immer noch auf Haaren, aber doch so fest der Wand an, dafs hierdurch das Bild undeutlich wird.

In letzter Zeit (1890) hat BREUER behauptet, wie wir weiter unten sehen werden, dafs die Otolithen den drei Dimensionen des Raumes entsprechend angeordnet sind. Auf diesen Gedanken brachten ihn die Untersuchungen RÜDINGERs (1888)[337]) über die Entwickelung des inneren Ohres, wahrscheinlich auch die Abbildungen einiger anderer Forscher.

[337]) RÜDINGER. Zur Anatomie und Entwickelung des inneren Ohres. Mit 3

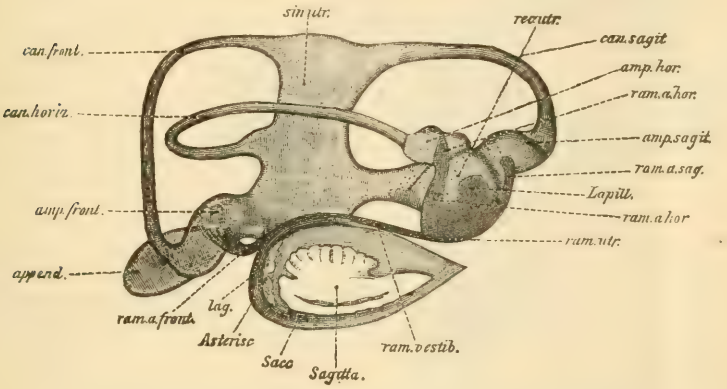
Eine derartige Anordnung sehen wir z. B. bei KUHN[338]) an seiner Abbildung des Labyrinths vom Hecht (Esox lucius), in welcher nach BREUER die erwähnte Lage der Otolithen am schärfsten hervortritt.

Jeder Otolith hat schon von altersher seinen eigenen Namen, so heifst der Otolith der macula acustica recessus utriculi: *lapillus*, der Otolith der mac. ac. rec. sacculi: *sagitta*, und der Otolith der mac. ac. lagenae sive cochleae: *asteriscus*.

Teleostei.

Physostomi, Fam. Esocidae.

Fig. 138.



Labyrinth vom Hecht, stark vergröfsert; nach KUHN.

sin. utr. sinus utriculi (utriculus), *Sacc.* sacculus, *lag.* lagena (= cochlea), *Lapill.* lapillus, *Asterisc.* asteriscus, *ram.* ramus, *ram. a.* ramus ampullae, *append.* appendix (beim Hecht ganz besonders stark entwickelt.

Aus dieser Abbildung ist sehr deutlich zu ersehen, dafs die sagitta beinahe vertikal zur Längsaxe des Tieres von vorn nach hinten gerichtet ist, während vertikal zu ihr wieder und in vertikaler Richtung der asteriscus steht. Der lapillus liegt beinahe in der horizontalen Ebene, und seine Längsaxe ist von einer Seite zur anderen gerichtet. Von allen Otolithen, welche bei den Knochenfischen ganz aufsergewöhnliche Dimensionen annehmen, ist die sagitta immer am gröfsten; dieselbe füllt manchmal die ganze Höhle des sacculus aus.

Wie die Gestalt, so ist auch die Gröfse der Otolithen sehr mannigfaltigen Variationen unterworfen, worauf schon KRIEGER 1840*) die Aufmerksamkeit gelenkt hat.

---

kolorierten Doppeltafeln. Monatsschrift f. Ohrenheilkunde. 1888. Nr. 1 p. 1—6. Nr. 2 p. 33—41. Nr. 3 p. 57—68.

[338]) KUHN. Beiträge zur Anatomie des Gehörorganes. Über das häutige Labyrinth der Knochenfische. Bonn. 1877. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XIV.

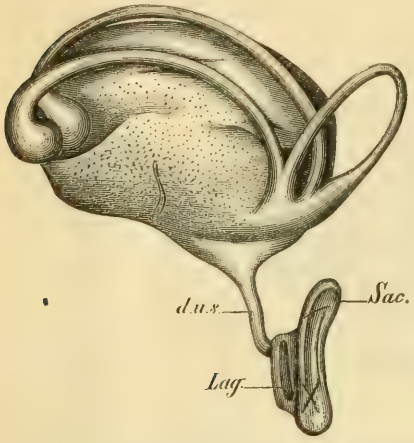
*) EDUARDUS KRIEGER. De otolithis. 1840. Um einen Begriff von der natürlichen Gröfse des membranösen Labyrinths und seiner Teile (bei Fischen) zu geben, möge hier die Zeichnung KRIEGERs aufgenommen werden.

Fig. 139.

Labyrinthus membranaceus Esocis lucii.
Magnitudo vera.
a Alveus communis,
b Lapillus,
c Saccus lapillorum (i. e. sacculus),
e Asteriscus,
f Appendix clavata vestibuli, alias cochleae.

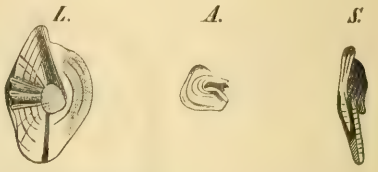
Letzterer beschrieb die auf einer Seite der Otolithen befindlichen Vertiefungen oder Grübchen (fossae aut foveae), von denen kleinere Grübchen und Spalten (fossulae et rimae) abgehen. In die Unebenheiten legt sich der Endapparat herein. Am wenigsten veränderlich ist die Gestalt des lapillus, so dafs nach ihm sowie zum Teil auch nach den anderen Otolithen die Art der fossilen Fische erkannt werden kann. (KOKEN 1884 und H. von IHERING 1891.)

Fig. 140.



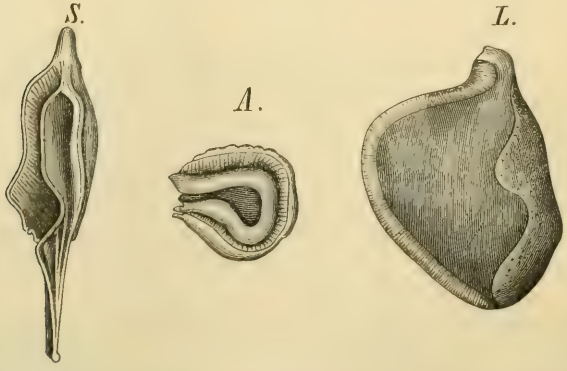
Arius Commersonii Lac. (nach v. IHERING). Vergröfserung $^3/_2$. *Sac.* sacculus *Lag.* lagena, *d.u.s.* ductus utriculo-saccularis.

Fig. 141.



Otolithen des Arius Commersonii Lac. in natürlicher Gröfse.
L. Lapillus von der dorsalen Fläche,
A. Asteriscus von der lateralen Fläche,
S. Sagitta von der ventralen Fläche.

Fig. 142.



Otolithen von der entgegengesetzten Seite als in Fig. 141 (nach v. IHERING). Lapillus zweimal, sagitta und asteriscus dreimal vergröfsert.

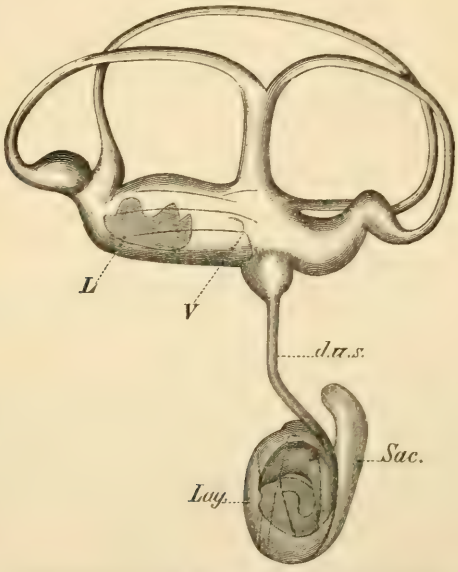
An den Otolithen sieht man die Gruben und Rinnen, in welche sich die Nervenendzellen hineinlegen.

Der sonst aufserordentlich kleine lapillus erreicht in dem weiten Vorhof von Arius Commersonii Lac. (ad. Siluridae) kolossale Dimensionen. Ganz besonders bemerkenswert sind die verschiedenen Gröfsenverhältnisse der lagena, welche mitunter die Gröfse des sacculus übertrifft, oder ihm gleich grofs ist, während sie in anderen Fällen zu einem unbedeutenden Anhängsel zusammenschrumpft, wie z. B. bei den Sciaenidae und bei der gröfsten Anzahl von Acanthopterigien.

Nicht unmöglich dürfte es sein, dafs die aufserordentliche Entwickelung der lagena und des asteriscus ein charakteristisches Merkmal für die Süfswasserfische abgibt (v. IHERING).

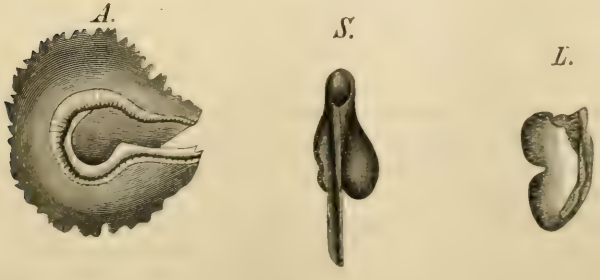
Bei Arius Commersonii ist der gigantische Vorhof (auf der Fig. 140 punktiert) beinahe vollständig durch den lapillus ausgefüllt. Die beiden vorderen Ampullen befinden sich weit nach vorn von der hinteren Ampulle entfernt. Der Horizontalkanal ist sehr kurz und liegt der Vorhofswand an. Nach unten und hinten, an der ventralen Fläche, mündet der Vorhof mittelst einer trichterförmigen Ausbuchtung in einen Kanal — den canalis communicans (ductus utriculo-saccularis) — welcher in den sacculus führt. Letzterer liegt in einem eigenen Hohlraum an der Schädelbasis.

Fig. 143.



Membranöses Gehörorgan von Macrodon trachira (nach v. IHERING).
V vestibulum, *d.u.s.* ductus utriculo-saccularis, *Sac.* sacculus, *Lag.* lagena. An der Vorderfläche des Vorhofs schimmert der lapillus durch.

Fig. 144.



Otolithen von Macrodon trachira. Vergröfserung 3 : 1.
A. asteriscus von der medialen Seite. *S.* sagitta von der dorsalen Seite. *L.* lapillus von der ventralen Seite (nach v. IHERING).

Bei Macrodon trachira (Ordn. Characinidae) sind die Bogengänge sehr dünn und lang. Der gröfsere Teil des utriculus ist von seinem recessus mit dem darin befindlichen lapillus eingenommen. Von der ventralen Fläche des utriculus geht ein 8 mm langer Kanal nach unten ab. Der sacculus, welcher hier gröfser ist als die lagena, nimmt mit der sagitta die horizontale Lage ein.

Wir sehen, dafs die Verbindung zwischen pars superior und inferior bei allen Fischen nicht die gleiche ist. Die Untersuchungen von RETZIUS haben ergeben, dafs bei einigen Fischordnungen eine derartige Verbindung vollständig fehlt. Deshalb teilt er auch die Teleostei je nach dem Vorhandensein eines canalis communicans s. utriculo-saccularis in zwei Gruppen. Dieser Kanal fehlt bei den Acanthopteri (eine Ausnahme bildet Gasterosteus), bei den Pharyngognathi und den Anacanthini. Dagegen ist er vorhanden bei den Physostomi (bei Coregonus und Clupea ist er durch eine verdünnte Stelle in der Vestibularwand vertreten), bei den Plectognathi und den Lophobranchii (bei den letzteren ist dieser Kanal allerdings so breit, dafs er kaum diesen Namen verdient). Bei manchen Fischen, wie Perca, Pleuronectes, Coregonus, Gadus, ist der can. utric.-saccularis nur in der Jugend vorhanden.

Nicht minder interessant und wichtig ist der Umstand, dafs bei manchen Familien und Ordnungen von Knochenfischen die durch RETZIUS entdeckte macula acustica neglecta fehlt. Bei den Acanthopteri fehlt sie von 11 Fischen bei 4, bei den Anacanthini fehlt sie überhaupt; bei den Pharyngognathi ist sie vorhanden. Sie ist ferner bei allen Physostomi gefunden worden. Dagegen fehlt sie bei den Plectognathi und Lophobranchii.

Der soeben angeführte Umstand ist insofern von Wichtigkeit, als er einen gewissen phylogenetischen Zusammenhang zwischen den einzelnen Familien der Fische aufzustellen gestattet.

Die soeben gegebene kurze Schilderung der makroskopischen Struktur des Gehörorgans der Fische bezieht sich, wie wir gesehen haben, auf das Labyrinth der Knochenfische. Wir haben mit ihrem Labyrinth aus dem Grunde begonnen, weil hier gerade die Differenzierung der einzelnen Teile am schärfsten hervortritt.

Wir wollen nunmehr auf die Darstellung einiger Einzelheiten bei den verschiedenen Fischgruppen übergehen, uns hierbei der Arbeit von RETZIUS bedienend.

Cyclostomi.

Die Cyclostomi (S. 542) sind von den übrigen Fischen hinsichtlich ihrer Entwickelung so entfernt, dafs man keine Parallele zwischen den einzelnen Teilen ihres Labyrinths und denjenigen der anderen Fischarten ziehen kann.

Ganoidei.

Von den Knorpelganoiden erscheint das Gehörorgan der Störe (Acipenseridae) als Vorstadium des Labyrinths der Knochenganoiden (Lepidosteus, Amia) und der Knochenfische.

Die Gehörkapsel und das membranöse Gehörorgan erinnern an das Ohr der Knochenfische. Der canalis utriculo-saccularis ist sehr grofs, und in seiner Nähe befindet sich eine zweihügelige macula acustica neglecta. Die Otolithen sind nicht so fest, wie die der Teleostei. Am hinteren Ende des sacculus ist ein für die Störe charakteristisches kleines ovales Knöchelchen, welches an der Innenwand des Sackes in der Nähe der papilla acustica lagenae liegt. Ein diesem eigentümlichen Gebilde, welches aus wirklichen Knochenzellen besteht, analoges findet sich bei keinem anderen Fische.

Bei den Knochenganoiden kommen bereits die echten harten, festen Otolithen vor. Der canal. utr.-sacc. fehlt; die macula ac. neglecta wurde bei Lepidosteus beobachtet. Die lagena ist, wie bei Acipenser, gegen die Höhlung des sacculus nicht scharf abgegrenzt, sondern von der macula ac. sacc. durch eine kleine Warze, die papilla ac. lagenae, getrennt, Der ductus endolymphaticus ist breit und endigt oben blind.

Teleostei, (Knochenfische).

Das membranöse Labyrinth der Knochenfische ist durch eine aufserordentliche Mannigfaltigkeit gekennzeichnet. Eine Gruppierung der einzelnen Formen würde vom phylogenetischen Standpunkte aus grofses Interesse bieten. Dazu sind die Details jedoch zu wenig ausgearbeitet und die Zahl der untersuchten Arten zu gering. HASSE unterscheidet drei Typen: 1. den gewöhnlichen Typus des Gehörorgans (Perca u. s. w.), 2. den Typus der Cyprinoiden, und endlich 3. den Typus der Clupeiden (Häringe).

Die einzelnen Teile des Labyrinths variieren sehr. Der sacculus ist bei Gobius und Trachinus sehr grofs, bei Zeus sehr klein und bei Exocoetus auf ein Minimum reduziert. Die lagena bei Esox (Hecht) und Belone ist von der Höhlung des sacculus kaum getrennt. Bei Pagellus, Scomber, Clupea bildet sie eine verhältnismäfsig grofse, taschenförmige Ausstülpung, und bei Gadus, Lophius, Raniceps hat sie eine flaschenförmige Gestalt und kommuniziert mit der Höhlung des sacculus durch eine enge Röhre.

Die Gröfse, Länge und Lage der Kanäle variiert sehr. Bei einigen Arten ist die pars superior von der p. inferior scharf getrennt, bei anderen ist dieses nicht wahrzunehmen (Lophobranchii-Siphonostoma, Hippocampus).

RETZIUS kommt zu dem Schlusse, dafs wir bei keiner Klasse der Wirbeltiere eine so aufserordentliche Mannigfaltigkeit der Konturen und ein solches Bestreben der Natur, eine Vielgestaltigkeit der Formen zu schaffen, antreffen, als bei den Knochenfischen.

Chondropterygii (Elasmobranchii, Selachii).

Bei den Chondropterygiern unterscheidet RETZIUS drei Typen des Gehörorgans: den Typus der Chimären (Holocephali), den Typus der Haie (Squalides) und den Typus der Rochen (Rajides). Alle drei sind Seitenzweige eines phylogenetischen Hauptastes. Das Gehörorgan der Rochen hat sich weiter von der Grundform entfernt, wie das der anderen. Das Gehörorgan der Chimären ist eine Übergangsform, ein Bindeglied zwischen dem der Plagiostomen und dem der anderen Fische. Ein charakteristisches Kennzeichen ist das Vorhandensein eines ductus endolymphaticus, der auf der Kopfhaut frei mündet. Bei den Chimären geht dieser ductus vom sacculus gerade nach oben, bei den Haien erweitert er sich und bildet oben unter der Haut entweder einen schwachen Bogen (Scyllum) oder eine ansehnliche Biegung (Acanthias) oder eine sehr beträchtliche Knickung (Squatina). Bei den Rochen ist dieser subkutane ductus in einen horizontalen Sack verwandelt.

Der recessus utriculi ist im Vergleich zu den Ganoiden und den Knochenfischen vom utriculus und von der vorderen und der äufseren Ampulle abgeschnürt, so dafs diese nicht mehr in ihn, sondern in den utriculus münden. Der recessus selbst steht durch einen engen, bisweilen ziemlich langen Kanal, den ductus utriculi, mit dem Innern des utriculus in Verbindung. Bei allen Chondropterygiern (es ist dies eine Eigentümlichkeit derselben) führt eine verhältnismäfsig grofse Öffnung in den sacculus — der canalis recessu-saccularis. An Stelle des can. utric.-saccularis ist bei den Chimären eine kleine Spalte vorhanden.

Da an dem Labyrinthe der Haifische öfters experimentiert worden ist, möge nunmehr zum deutlicheren Verständnis der hier in Betracht zu ziehenden Verhältnisse die Beschreibung des Gehörorgans von Acanthias vulgaris (des gewöhnlichen Hais) hier folgen.

Auf beiden Seiten des hinteren Teiles der Schädelhöhle liegen die Knorpelkapseln, die einige Öffnungen aufweisen, von denen die zwei inneren für den Durchtritt von Nerven bestimmt sind. Das Innere einer Kapsel besteht aus einer ganzen Reihe von ungleichen Vertiefungen (foveae), in denen die einzelnen Teile des membranösen Labyrinths, das das Innere der Kapsel beinahe ausfüllt, eingebettet sind.

Der Raum zwischen der Kapsel und dem membranösen Labyrinth heifst perilymphatischer Raum. In der oberen Wand der Gehörkapsel befindet sich eine kleine Öffnung eines knorpeligen Kanals, der an der Oberfläche des Schädels *frei* endigt; in ihm liegt der ductus endolymphaticus *de*, der anfangs gerade aufwärts geht, dann sich erweitert, ein Knie, den saccus endolymphaticus *se*, bildet, endlich sich wieder etwas verengt und in einer kleinen runden Öffnung *ade*, der apertura ductus endolymphitici externa, *offen* endigt. Etwas hinter derselben befindet sich eine mit lockerem Zellgewebe ausgefüllte und von der Haut bedeckte Vertiefung; der Boden derselben wird von einer grofsen ovalen Öffnung (dem ovalen Fenster SCARPAs) gebildet, die mit einer zarten Membran überspannt ist und in den perilymphatischen Raum führt. Die Knorpelkapsel ist noch mit einigen Öffnungen für den Durchtritt von Nerven versehen.

Fig. 145.

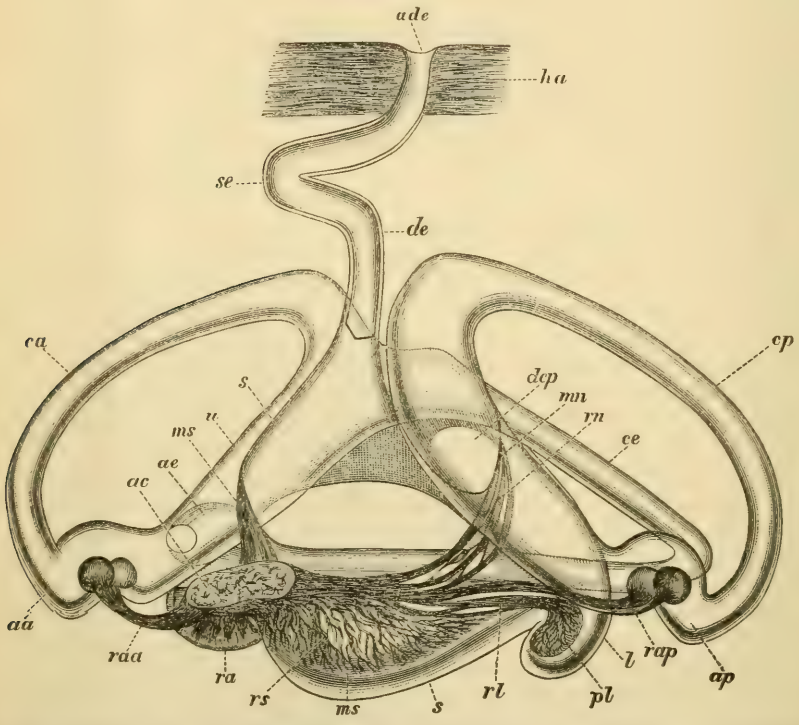


Fig. 145 innere, Fig. 146 äufsere Ansicht bei vierfacher Vergröfserung. Gehörorgan von Acanthias vulgaris (des gewöhnlichen Borstenhais) nach RETZIUS.

Im membranösen Gehörorgan von Acanthias vulgaris unterscheidet man folgende Teile:

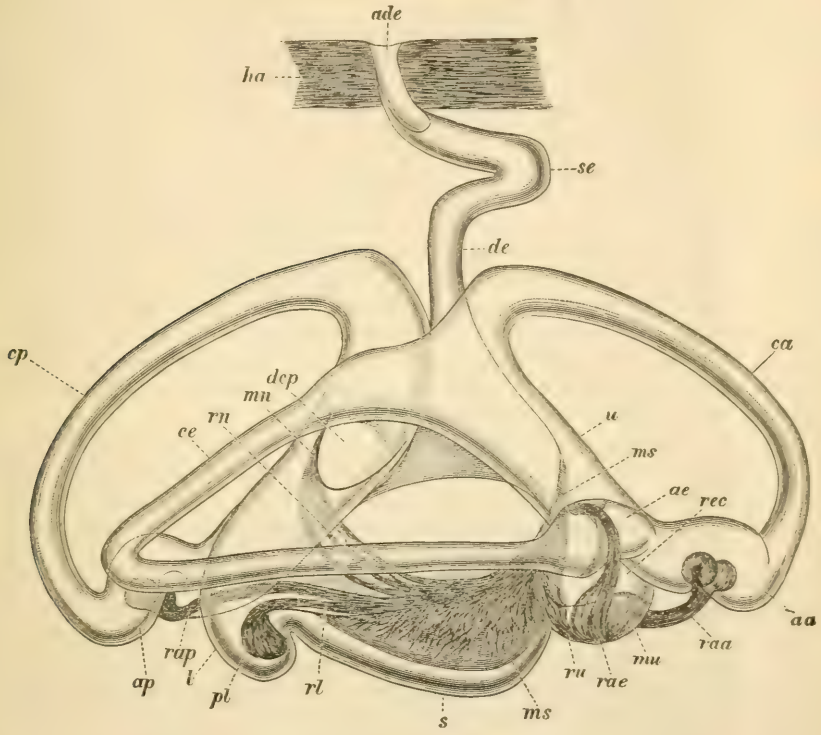
Den utriculus mit dem dazugehörigen sinus utriculi superior, den recessus utriculi, den sacculus, die lagena cochleae, den ductus endolymphaticus mit dem saccus endolymphaticus, die ampulla anterior, die ampulla externa, die ampulla posterior mit den entsprechenden Bogengängen.

Folgende Nervenendigungen werden hier unterschieden: die macula acustica recessus utriculi, die macula acustica sacculi, die macula acustica neglecta, die papilla acustica lagenae und die drei cristae acusticae ampullarum.

Der utriculus (*u*) hat die Form eines Cylinders, der ohne scharfe Grenzen in

den sinus utriculi superior (*ss*) übergeht. In den utriculus münden die vordere und die äufsere Ampulle. Gegenüber der Mündung der letzteren befindet sich eine kleine ovale Vertiefung, die in den recessus utriculi (*rec*) führt und deshalb ductus utriculi (*du*) genannt wird. Am unteren Teile der Hinterwand des utriculus und

Fig. 146.



ade Apertura ductus endolymphatici externa,
se Saccus endolymphaticus,
de Ductus endolymphaticus,
ha Äufsere Tegumente,
u Utriculus,
rec Recessus utriculi,
du Ductus utriculi,
aa Ampulla anterior (sagittalis),
ae Ampulla externa (horizontalis),
ap Ampulla posterior (frontalis),
ca Canalis membranaceus anterior,
ce Canalis m. externus,
cp Canalis m. posterior,
dcp Ductus canalis posterioris,
s Sacculus,
l Lagena,
mu Macula (acustica?) recessus utriculi.
ms Macula (acustica?) sacculi,
pl Papilla (acustica?) lagenae,
mn Macula (acustica?) neglecta,
ru, ra Ramulus recessus utriculi.
raa Ramulus ampullae anterioris,
rae Ramulus ampullae externae,
rap Ramulus ampullae posterioris,
rs Ramulus sacculi,
rn Ramulus neglectus,
rl Ramulus lagenae.

seines sinus liegt ein eigentümlicher verlängerter Spalt, der von zwei sichelförmigen Blättern eingefafst ist und in den sacculus führt; derselbe vertritt den canalis utriculosaccularis der Knochenfische und der höheren Tiere.

Der recessus utriculi (*rec*) hat die Gestalt einer ovalen, etwas abgeplatteten

Blase, die mit dem utriculus durch den ductus utriculi und mit dem sacculus durch eine besondere Öffnung in Verbindung steht, welche in die erwähnte schlitzförmige, den can. utric.-sacc. vertretende Öffnung übergeht. Der Boden der Innenfläche des rec. utr. wird von der macula acustica und dem auf derselben befindlichen Krystallkonglomerat eingenommen.

Die ampulla anterior (*aa*) nimmt an dem vorderen Ende des utriculus ihren Anfang und steht mit dem recessus utriculi nicht in Verbindung, wie es bei den anderen Fischen der Fall ist. Sie wird durch einen hohen Kamm, das septum transversum, in zwei Teile zerlegt; auf dieser Scheidewand befindet sich die crista acustica, die bei der Ansicht von oben doppeltgekrümmt erscheint und die cupula terminalis haubenartig bedeckt. Analog sind auch die anderen Ampullen gebaut. Nach jeder geht ein besonderer Nervenzweig.

Der sacculus hat eine unregelmäfsig birnförmige, etwas abgeplattete Gestalt.

Am oberen Teile der Vorderwand des sacculus münden der recessus utriculi und der utriculus in den sinus superior nicht durch die gewöhnlich vorhandene Öffnung, sondern durch den oben bezeichneten eigentümlichen Spalt, den canalis utriculo-saccularis, der von sichelförmigen Falten eingefafst ist.

Nach hinten geht der sacculus in eine taschenförmige Ausstülpung, die lagena cochleae, über, die an das gleichartige Organ der Knochenfische erinnert. Auf der Innenwand der lagena befinden sich die papilla acustica lagenae, die ohne scharfe Grenzen in die macula acustica, sacculi übergeht und der ramulus lagenae (*rl*). Auf der Papille ruht das Otolithenkonglomerat.

Auf der Hinterwand des sacculus befindet sich die ausgedehnte, halbmondförmige macula acustica sacculi; in derselben breitet sich der ramulus sacculi aus, der vom ramus posterior entspringt. Dieser sendet nach hinten oben einige, gewöhnlich zwei bis vier, untereinander nicht anastomosierende Äste — den ramulus neglectus nach der macula neglecta. Im sacculus liegt ein grofser Otolith.

In dem oberen Teil des sacculus, etwas nach hinten, gelangt man durch eine grofse runde Öffnung in eine kurze schlauchförmige Verlängerung, die von RETZIUS ductus canalis posterioris genannt worden ist und in die Ampulle des hinteren Bogenganges übergeht; derselbe erhält auf diese Weise das Aussehen eines ringförmigen Schlauches, der mit dem einen Ende in den sinus superior (commissura), mit dem anderen in das Innere des sacculus mündet.

Auf der Hinterwand dieses Verbindungskanals, der dem ductus utriculi-saccularis der Chimären und der übrigen Wirbeltiere entspricht, befindet sich die halbmondförmige macula acustica neglecta.

Am hinteren Teile der oberen Wand des sacculus beginnt ein sich bald verengender Kanal, der von der Utriculusspalte und dem ductus canalis posterioris durch einen niedrigen Kamm getrennt ist und hinter dem sinus superior utriculi gerade aufwärts geht. Dieser Gang entspricht nach HASSE dem aquaeductus vestibuli oder (wie HASSE ihn nennt) dem ductus endolymphaticus, der die Kapsel durch eine besondere Öffnung verläfst und dann fast unter einem rechten Winkel nach vorn umbiegt, wo er eine kleine, sackartige, anscheinend dem saccus endolymphaticus (*sc*) entsprechende Anschwellung bildet, sich wieder nach hinten und etwas nach oben wendet, die Hautschichten (*ha*) durchbricht und endlich an der Oberfläche der Haut in einer kleinen, runden Öffnung endigt. Der ductus endolymphaticus, der auch bei den Chimären und den Rochen vorhanden ist, ist mit Krystallkonglomeraten erfüllt, die selbst bei lebenden Tieren bei Druck auf die den Kanal umgebende Haut aus der Öffnung heraustreten. Der ductus ist in seiner ganzen Ausdehnung völlig offen und mit keinem Ventil versehen. Demnach steht der endolymphatische Raum mit der Aufsenwelt, dem Seewasser, in direkter Verbindung.

Die Öffnungen dieses Kanals liegen bei den Haifischen an der Oberfläche des Kopfes und sind für das unbewaffnete Auge leicht wahrnehmbar.

Hinsichtlich der mikroskopischen Struktur wollen wir uns hier nur auf einige Andeutungen, die zu gewissen Hypothesen in Beziehung stehen, beschränken. Jede crista ampullae ist von einer cupula terminalis bedeckt. Zwischen dieser und dem Epithel bleibt ein Raum übrig, der von den an der unteren Fläche der cupula sitzenden Härchen der Haarzellen eingenommen wird. Die cupula wird sehr leicht abgerissen; daher mufs das Präparieren sehr vorsichtig geschehen.

Die macula acust. recess. utriculi ist aus denselben Elementen zusammengesetzt wie die crista ampullae; auf ihr ruht der graue Otolith, der aus Krystallen besteht, die mit blofsem Auge sichtbar sind; da er leicht zerfällt, ist es nicht gelungen, seine Gestalt festzustellen. Die Krystalle sind würfelförmig; zwischen ihnen sind kleine Körper von sehr unregelmäfsiger Gestalt verstreut.

Die macula acustica sacculi ist genau so beschaffen, wie die crista amp. und die mac. acust. rec. utr. Der Otolith des sacculus erinnert ganz an denjenigen des recess. utr.; er hat eine annähernd dreieckige Gestalt.

Die papilla lagenae geht direkt in die macula acust. sacculi über. Die macula acustica neglecta unterscheidet sich in ihrer Struktur in nichts von den cristae und und den übrigen maculae.

Bei der Beschreibung des Gehörorgans der Fische haben wir etwas ausführlicher verweilt in Anbetracht der früher besprochenen Hypothese BREUERs (s. S. 499), die noch weiterer bestätigender Beobachtungen bedarf.

Den grundlegenden Gedanken der Hypothese schöpfte BREUER aus einer Annahme ENGELMANNs, aus den Versuchen von DELAGE und aus einer Untersuchung von RÜDINGER (1888) über die Entwickelung des Labyrinths. Dieser Autor bemerkte, dafs die macula utriculi und die macula sacculi zu einander *senkrecht* liegen. Die Richtigkeit dieser Beobachtung bestätigte BREUER zum Teil an einigen Tieren, deren Ohr er unter teilweiser Benutzung der von verschiedenen Autoren, in erster Linie von RETZIUS, gegebenen Abbildungen (s. Fig. 147) selbst untersuchte.

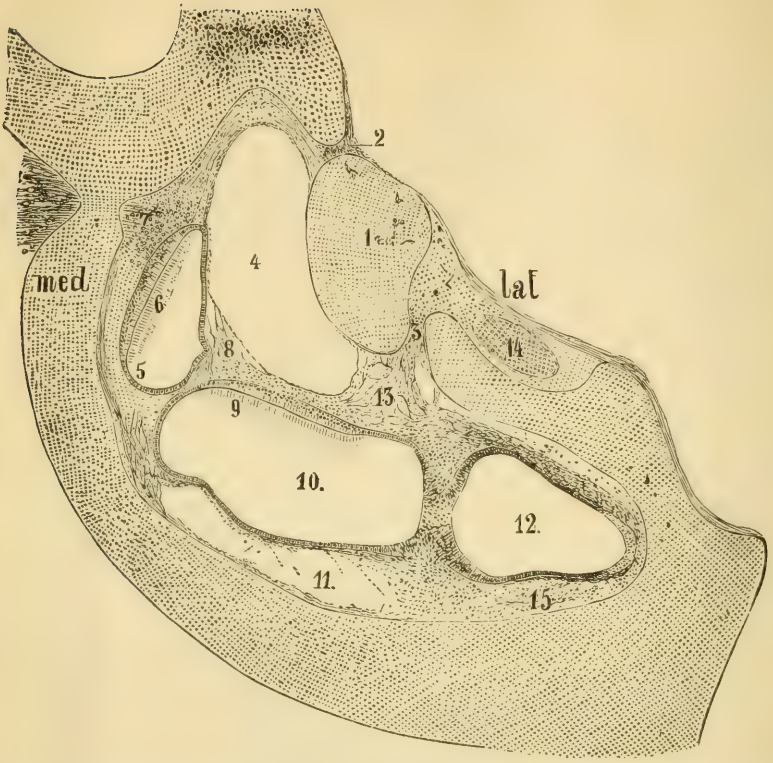
Einen Otolithenapparat besitzen alle Wirbeltiere. Bei den Fischen gibt es deren drei (mac. utriculi, mac. sacculi und mac. lagenae), bei den Säugetieren nur zwei (mac. utriculi und mac. sacculi, da sich aus der dritten mac. die pars basilaris cochleae entwickelt hat). Die drei, resp. zwei Otolithenapparate sind ebenso wie die Bogengänge in bestimmter Weise orientiert. Diese Verhältnisse sind am besten unter allen Knochenfischen beim Hecht zu erkennen. Bei diesem, wie bei allen anderen Knochenfischen, man kann sogar sagen wie bei allen Säugetieren, hat der recess. utriculi das Aussehen einer schalenförmigen Höhlung, deren Boden von der macula utriculi und dem Otolithen eingenommen wird und die *annähernd horizontal* liegt. Unter dem rec. utriculi befindet sich eine mit gelatinöser Endolymphe erfüllte eiförmige Blase — der sacculus, dessen Längsdurchmesser mit der Längsaxe des Körpers zusammenfällt und eine *horizontale* Lage einnimmt. Der Otolith des sacculus liegt an der inneren (medialen) Wand der Blase. Die Innenfläche des Otolithen liegt annährend *vertikal* in der Sagittalebene des Schädels und ist mit einer tiefen, *von vorn nach hinten gerichteten* Furche versehen, der die lange, schmale, *horizontale*, von vorn nach hinten gerichtete macula s. papilla nervosa sacculi entspricht. Am hinteren breiteren Pol des eiförmigen sacculus befindet sich der Otolith der lagena. Er liegt mit seiner schmalen, konkaven Fläche vertikal an der Wand des sacculus und ragt in die Öffnung hinein, indem er von hinten nach vorn heraustritt.

Die schmale papilla nervosa lagenae liegt längs des konkaven Randes des Otolithen und hat demnach ebenfalls eine vertikale Lage *von oben nach unten* in der Sagittalebene des Schädels. Diese Thatsache nahm bereits KUHN wahr.*)

---

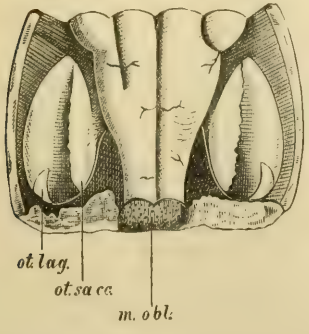
*) KUHN. „Der Hohlraum des sacculus geht beim Hechte ununterbrochen in

Fig. 147.



1. Basis des Steigbügels. *2.* Vordere, *3.* Hintere Kommissur desselben mit dem ovalen Fenster. *4.* Sacculus perilymphaticus vestibuli. *5.* Sacculus rotundus. *6.* Macula sacculi. *7.* Medial gelegener recessus sacculi. *8.* Verbindungsstelle beider sacculi. *9.* Macula utriculi. *10.* Utriculus. *11.* Dorsalwand des utriculus. *12.* Bogengang. *13.* Ligamentum utriculi. *14.* Nervus facialis. *15.* Die so gebildeten perilymphatischen Räume (nach RÜDINGER).

Fig. 148.



Der hintere Teil der Schädelbasis beim Hecht mit beiden maculae sacculi und lagenae; von unten gesehen (nach BREUER).

m. obl. Medulla oblongata,
ot. sacc. Otolith des sacculus,
ot. lag. unterer Pol des Otolithen der lagena.

---

die lagena über; dieselbe liegt senkrecht zur macula sacculi am hinteren abgerundeten Ende des Sackes.“ p. 296.

Da die macula nervosa des sacculus und die der lagena bei gleicher Struktur zu einander vertikal stehen, so schneidet ein durch die macula sacculi gelegter Längsschnitt, der auch noch die lagena trifft, die macula lagenae quer durch.

Die oben aufgeführten Voraussetzungen korrigiert BREUER durch die folgenden Bemerkungen. In Wirklichkeit liegt die macula utriculi nicht horizontal, sondern ist etwas von *aufsen oben nach medial innen* geneigt. Der Otolith des Sacculus dagegen steht nicht genau vertikal, sondern ist *von innen oben nach aufsen unten* geneigt. „Das ändert nichts am Verlauf der macula sacculi (horizontal von vorn nach rückwärts). Aber es hilft die Fixation der schweren Otolithen erklären. Sie sind durch die Schleimschicht der Wand angeklebt, und ihr Gewicht wird verringert dadurch, dafs sie teilweise der unteren Wand aufruhen."

Gibt man die Möglichkeit geringer Verschiebung der Otolithen (experimentell ist dieses noch nicht festgestellt) zu, so könnte eine solche, ohne sie loszureifsen, nur parallel der Sackwand, an ihr gleitend, stattfinden. Aber auch dieses ist nicht nach allen, sondern, wie wir gesehen haben, nur nach gewissen Richtungen möglich. Am utriculus ist diese Gleitrichtung nicht genau festzustellen. Am Otolithen des sacculus ist eine auch noch so minimale Bewegung von oben nach unten ausgeschlossen, weil die papilla nervosa mit ihrer Deckmembran in der Longitudinalfurche oder trogförmigen Vertiefung des Otolithen eingefalzt ist. Eine analoge Struktur treffen wir bei der macula lagenae, auf der sich der Otolith nur in vertikaler Richtung fortbewegen kann. Die minimalen Verschiebungen der Otolithen sind vollkommen hinreichend, um „die in die membrana tectoria eingehenden Zellhaare je nach dem Sinn der Bewegung und der Richtung der Haare" zu spannen oder zu erschlaffen.

Wenn wir die Richtung der Bewegung des Otolithen als *Gleitrichtung* bezeichnen, so können wir beim Hecht deren zwei unterscheiden, von denen die eine, durch die Längsaxe des Kopfes bestimmte, für den sacculus, die andere, durch die Vertikalaxe definierte, für die lagena mafsgebend ist, während sie für den utriculus horizontal sein mufs, wenn dieses auch noch nicht genau festgestellt ist.

Nicht so regelmäfsig und augenfällig ist die Lage der Otolithen bei den anderen Fischen. Bei ihnen ist die Lage und Struktur des utriculus dieselbe wie bei den Hechten, die macula sacculi ist schmal, lang und von hinten nach vorn gerichtet, und die macula lagenae hat eine undeutlich ausgeprägte vertikale Lage. Aber auch in diesen Fällen überwiegt stets die Ausdehnung der macula lagenae von oben nach unten. Unter 44 Spezies von Fischen im RETZIUSschen Atlas fand BREUER, dafs bei 21 die Ausdehnung der macula lagenae von oben nach unten überwiegt, während bei den übrigen ein Überwiegen der einen Dimension über die andere nicht zu konstatieren war. BREUER glaubt den am Gehörorgan des Hechtes konstatierten Befund auf alle übrigen Fische beziehen zu können.

Hinsichtlich der Richtung der Endhaare weichen die Beobachtungen BREUERs von den Untersuchungen anderer Autoren ab. Wie bereits oben gesagt, pflegen in gewissen Fällen die cristae ampullarum von der LANGschen membrana tectoria oder cupula terminalis bedeckt zu sein, deren Existenz am Foetus von Säugetieren und des Menschen nachgewiesen ist.

Nach HASSE läfst sich dieses kompakte, wie eine längliche Furche aussehende, trogförmig ausgehöhlte Cuticulargebilde leicht entfernen und stellt einen kuppelartigen Abdruck der Oberfläche des Nervenepithels der Cristen dar. In die Dellen dieses Häutchens legen sich nun die Hörhaare hinein. Demnach ragen sie nicht direkt in das Innere der Ampulle, das mit Endolymphe erfüllt ist, hinein, sondern werden durch die membrana tectoria getrennt. HASSE nimmt demgemäfs an, dafs die Wellen der Endolymphe auf diese Deckmembran einen Druck ausüben oder sie in geringem Mafse verschieben und dadurch die Hörzellen erregen. Analog ist die membrana tectoria bei allen Wirbeltieren beschaffen. Eine Ausnahme bilden die

Cyclostomen, bei denen, wenn sie erwachsen sind, sich Kalk in der Membran ablagert, so dafs dieselbe vollständig zu einer Otolithenmembran metamorphosiert wird.

Die membrana tectoria bedeckt auch die maculae utriculi, sacculi und lagenae, aber hier findet in ihrer Substanz immer eine Ablagerung von Kalksalzen statt, entweder wie bei den Fischen in Gestalt von Otolithen oder wie bei den höheren Wirbeltieren in Gestalt sehr feiner Krystalle. Auch hier legen sich die Hörhaare in besondere Dellen hinein.

KUHN und RETZIUS haben gesehen, wie die Hörhaare durch besondere Öffnungen der schleimigen membrana tectoria durchdrangen.

Im Gegensatz zu diesen und anderen Forschern kam BREUER zu folgendem Resultat: Die Zellhaare sind nicht gerade und nicht vertikal zur Epithelplatte gerichtet, sondern *biegen* in einer gewissen Entfernung unter einem Winkel von fast 90° *um* und verlaufen dann parallel zur macula nervosa in der Schleimmasse; die so beschaffene membrana tectoria ist durch die Otolithen (Anhäufungen) an ihrer Oberfläche belastet. Der Raum zwischen dem massiven Otolithen der Knochenfische und dem Deckhäutchen wird bisweilen durch eine schleimige Substanz ausgefüllt. Beim Entkalken von Präparaten dieser Fische geht der Otolith samt der membrana tectoria leicht vom Epithel herunter. Betrachtet man solch eine Deckmembran nach Behandlung mit Celloidin von ihrer unteren Fläche, so erhält man das Bild einer Bürste.

Fig. 149.

Aus dem sacculus eines jungen Barsches.

Die Zellhaare *h* und die Schleimmasse, in die sie eintreten (*s. gel.*), vom Epithel und den Otolithen abgelöst (Querschnitt).

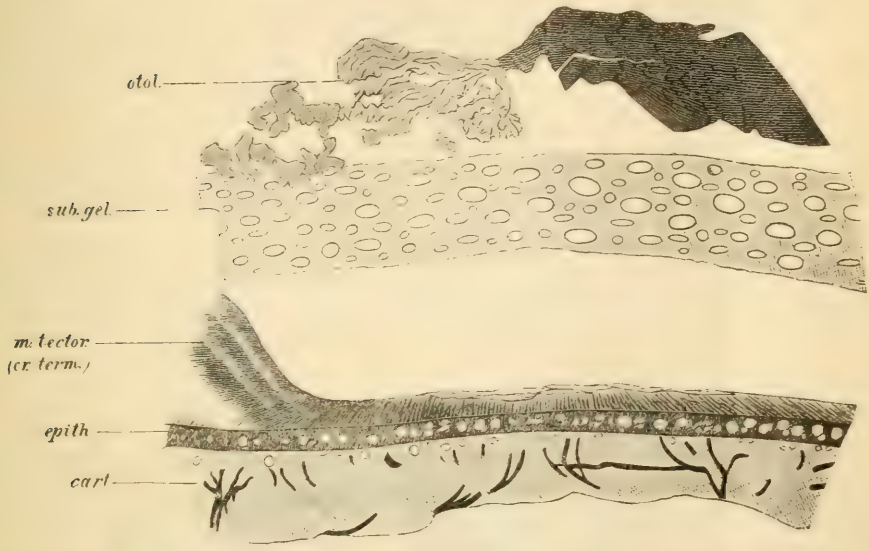
(Nach BREUER.)

Fig. 150.

Querschnitt durch papilla nervosa und Otolithen des sacculus vom Hecht. Die crista terminalis (*cr. term.*), die aus Zellhaaren und dazwischen liegender schleimiger Substanz besteht, ist samt der darauf liegenden substantia gelatinosa (*s. gel.*) vom Epithel (*epith.*) abgelöst; infolge Schrumpfung nach Behandlung mit Alkohol füllt die subst. gel. die Furche des Otolithen nicht aus (nach BREUER).

Die Figur 149 zeigt, wie die Haare sich in die Deckmembran einsenken. Bei der Betrachtung der Figur 150, die einen Querschnitt durch den Otolithenapparat der papilla nervosa des Hechtes darstellt, sehen wir den Otolithen (*otol.*); dieser zeigt eine tiefe Furche, in welche Zacken vorspringen. „In ihr liegt (am gehärteten Präparate sie nicht ganz ausfüllend) eine homogene, im Leben wohl gelatinöse, mit Vacuolen versehene Masse, welche am besten mit dem Aussehen von Schweizerkäse

Fig. 151.



Ein Teil des Längsschnittes durch die papilla sacculi bei starker Vergrößerung. (Nach BREUER.)

Otol. Otolith, *sub.gel.* substantia gelatinosa, *m. tector.* (*cr. term.*) membrana tectoria, *epith.* Epithel, *cart.* Knorpel.

verglichen werden mag. Der Furche im Otolithen entspricht (in etwas größerer Breite) die papilla nervosa mit hohem „Nervenepithel", und zwischen diesem und jener gelatinösen Füllmasse der Furche liegt die eigentliche membrana tectoria. Diese erscheint als ein aus homogenen, glänzenden Strängen bestehendes kuppelförmiges Flechtwerk, nach oben begrenzt durch eine ganz homogene Schicht. Die dem Epithel zugewandte Unterseite zeigt feine, ins Flechtwerk aufsteigende Linien, welche man auf solchen Präparaten nicht sicher mit Zellhaaren identifizieren kann." (BREUER.)

Aus den von BREUER veröffentlichten Präparatenabbildungen ist die Richtung und der Verlauf der Härchen des Haarepithels der papilla nervosa nirgends klar und mit hinreichender Sicherheit zu erkennen. Demnach bleibt die definitive Lösung dieser höchst interessanten Frage künftigen mikroskopischen Untersuchungen vorbehalten.

Die beim Experimentieren am Gehörorgan der Fische angewandten operativen Methoden.

Entfernung des Labyrinths an Fischen nach **Tomaszewicz** (1877).

In der Ohrgegend entfernt man den Deckknochen mit den daran liegenden Knorpelteilen auf eine verhältnismäfsig grofse Strecke, um sich besser orientieren zu können. Die darunter befindliche graugelbe, gallertige Masse wird mit Wasser ausgespritzt. Seitlich vom Mittelhirn liegt in einer ziemlichen Tiefe der utriculus mit den Ampullen; derselbe wird mit einer feinen Pincette erfafst und extrahiert. Die Operation ist schwierig und gelingt nur an Köpfen gröfserer Tiere und nach vorausgegangener Übung.

Um die Fische am Leben zu erhalten, wurde ihnen während der Operation ein mit der Wasserleitung mittels Kautschukschlauchs verbundenes Glasröhrchen in den Mund gebunden und auf diese Weise ein mäfsig starker Wasserstrahl durch die Kiemen geleitet.

Von 6 operierten Fischen blieben nur 2 so lange am Leben, dafs über ihre Bewegungen Beobachtungen angestellt werden konnten. Beide Fische schwammen in den ersten Stunden nach der Operation ziemlich lebhaft; den einen fand man am folgenden, den andern am dritten Tage tot.

Versuche von **Kiesselbach** an Karpfen (1881).

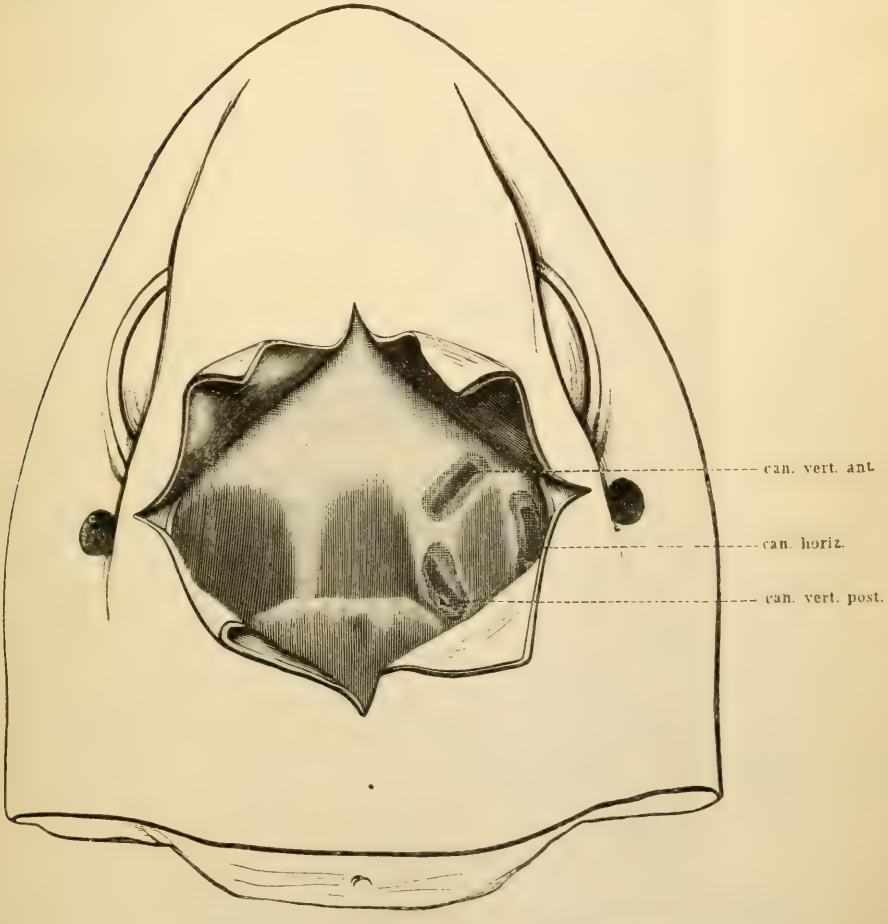
K. liefs sich bei seinen Arbeiten durch folgende anatomische Eigentümlichkeit leiten, auf die Hasse (Anatom. Studien, p. 427) hingewiesen hatte. Bei den Cyprinoiden hat der obere gröfsere Teil der Aufsenwand der Gehörkapsel die Gestalt einer tief eingedrückten Grube. Diese Vertiefung ist mit Muskeln ausgefüllt. Nach Eröffnung ihrer Basis wird ein abgerundeter Grenzwall sichtbar — die Stelle des horizontalen Bogenganges. Demnach verläuft derselbe längst des Randes der dünnen Knochenplatte, die an der Aufsenseite des Kopfes liegt. Dieser Bogengang kann also leicht und präzis beschädigt werden, ohne dafs das übrige Labyrinth, welches vom Gehirn durch eine fettreiche Scheidewand getrennt ist, in Mitleidenschaft gezogen wird. Um den horizontalen Bogengang auf eine möglichst weite Strecke zu öffnen, mufs man den hinteren Teil des Kiemendeckels durchschneiden. Nachdem man hierauf denselben nach aufsen und nach vorn geschoben hat, gelingt es leicht, den knöcherea Kanal zu durchtrennen. Die Operation kann so schnell und unter so geringem Blutverlust ausgeführt werden, dafs der Fisch ohne alle besonderen Vorkehrungen an der Luft operiert und dann sofort wieder ins Wasser gelassen werden kann. Die Bogengänge werden einfach mit der Knochenschere durchtrennt, oder es werden ganze Stücke aus ihnen herausgezogen.

Eröffnung der Bogengänge am Haifisch (Scyllium canicula) nach **J. Steiner** (1886).

Das Ohr der Haifische bietet für Experimente folgende Vorteile: 1. ist das Labyrinth von der Schädelhöhle durch eine beträchtliche Knorpelwand getrennt, so dafs beim Operieren im Innern des Labyrinths eine Verletzung des Gehirns nicht zu befürchten ist; 2. macht die knorpelige Beschaffenheit

des Labyrinths das Operieren sehr leicht; 3. liegen die Bogengänge an der Oberfläche in einer bläulichen Knochenkapsel, die nur von Haut und Muskeln bedeckt ist; 4. wird die ganze Operation gut vertragen. Nach Einführung der künstlichen Atmung wird vorn durch die Haut ein Frontalschnitt gelegt, der die beiden Spritzlöcher verbindet, jedoch nicht bis an dieselben herangeht. Dann wird ein zweiter, medialer Schnitt geführt. So entstehen 4 Lappen, die sich nach den einzelnen Seiten mit Leichtigkeit umklappen lassen. Eine Blutung tritt nur dann ein, wenn der Schnitt den Rand eines Spritzloches streift. Dann werden mit einem Hohlmeifsel alle Muskeln bis auf den Ohrknorpel abgeschabt, der als scharfe Kante mit seitlichen Vertiefungen hervortritt. In der Abbildung markiert sich diese Kante leicht

Fig. 152.



Haifisch, Scyllium canicula (nach STEINER).

als ein heller Streifen. Mit demselben Hohlmeifsel wird diese Kante flach abgefeilt und so der vordere vertikale Bogengang eröffnet. Wird nun der membranöse Kanal mit einer Pincette gut gefafst, so gelingt es, alle drei

Bogengänge samt ihren Ampullen herauszuziehen. Hierauf wurde die Wunde zugenäht und der Haifisch in ein Bassin gelassen. Da aber die vollständige Extraktion aller Bogengänge durch die in einem einzigen Kanal gemachte Öffnung nicht immer gelang, so eröffnete STEINER bei Scyllium catulus alle drei Kanäle, wie Fig. 152 zeigt, durchschnitt sie und zog sie dann einzeln aus jeder Öffnung heraus. Dieses Verfahren führte stets zu einem positiven Resultat. Schliefslich wurde die Wunde sorgfältig vernäht und der Fisch in ein Bassin gesetzt, wo er *völlig normale* Bewegungen ausführte.

Um das membranöse Vestibulum frei zu legen, entfernt man den Knorpel zwischen den beiden vertikalen Bogengängen und dringt in die grofse Höhlung ein, an deren Vorderwand,etwas nach aufsen zu, die Kalkkörperchen deutlich sichtbar sind. Man kann dieselben mit einer Pincette zerren oder in toto herausziehen; in beiden Fällen treten Bewegungsstörungen ein.

Im Jahre 1888 wiederholte STEINER die Versuche und zerstörte hierbei die Otolithenapparate der Haifische. Er zog die Otolithen mit einer Pincette heraus.

Exstirpation der Otolithen von Haifischen nach **Kreidl** 1892 (l. c.).

„Das Tier wurde mit Seewasser respiriert, indem ihm mittels eines Schlauches Wasser durch den Mund geleitet wurde; grofse Exemplare mufsten gehalten werden, mittelgrofse und kleine blieben während der Operation in der Regel ruhig liegen. Die Kopfhaut wurde über dem Hinterhaupt nach STEINER mit einem kreuzförmigen Schnitte in vier Lappen getrennt, dieselben zurückgeschlagen, wobei alsbald die bläulich durchschimmernden Gehörblasen sichtbar wurden. Mit einem feinen Skalpell wurde die knorpelige Decke soweit abgetragen, dafs man mit einer Pincette, einer entsprechend dicken Glaspipette oder mit einem kleinen Löffelchen auf den weifslich glänzenden Otolithen eingehen konnte. Derselbe wurde nun mit der Pincette gefafst und herausgezogen, oder mit der Pipette (SEWALL) angesaugt; bei einiger Übung gelingt es, auf einen Zug den Otolithen herauszubringen. Wenn dies geschehen war, habe ich die Gehörblase mit Seewasser abgespült, um noch die etwaigen Reste zu entfernen. Hierauf wurde die Wunde vernäht und aufserdem mit Tannin-Gelatine nach STEINER gedeckt. Die Tiere wurden nun auf dem Operationstische bei fortgesetzter Wasserrespiration so lange liegen gelassen, bis die Gelatine erhärtet war. Hierauf kamen die Tiere in das Bassin zurück, wo sie sich alsbald von der Operation erholten. Es geschah mitunter, dafs ein oder der andere Bogengang verletzt wurde. Die exstirpierten Otolithen wurden stets mikroskopisch untersucht und selbstverständlich ein jedes operierte Tier seciert und der Sektionsbefund notiert.

Die Zerstörung eines oder mehrerer Bogengänge geschah nach derselben vorbereitenden Operation; bei einigen Tieren wurde das ganze Labyrinth zerstört."

Amphibia.

Von Amphibien haben nur die Urodelen und Batrachier ein ausgebildetes Gehörorgan. Bei Apoden ist ein membranöses Labyrinth nur in rudimentärer Form bekannt; zu experimentellen Zwecken ist von den Amphibien die genauere Kenntnis von der Gestalt und Struktur des inneren Ohres hauptsächlich von Rana esculenta L. (des grünen Wasserfrosches) und Rana temporaria L. (des braunen Grasfrosches), Ordnung Batrachii, Familie Ranidae, von Bedeutung.

Topographische Lage der einzelnen Teile des Labyrinths beim Frosch.*)

Im membranösen Gehörorgan des Frosches unterscheidet man folgende Teile: den utriculus mit dem sinus superior, den recessus utriculi, die ampulla anterior mit dem canalis membranaceus anterior, die ampulla externa mit dem can. membr. externus, die ampulla posterior mit dem canal. membr. posterior, den sacculus mit dem ductus und saccus endolymphaticus, die pars neglecta, die lagena cochleae, die pars basilaris cochleae und das sogenannte tegumentum vasculosum.

Das membranöse Gehörorgan von Rana esculenta nach RETZIUS. Fig. 153 Ansicht der Innenseite von der Schädelhöhle aus. Fig. 154 äufsere Ansicht.

u Utriculus,
au Apertura utriculi,
ss Sinus utriculi superior,
sp Sinus utriculi posterior,
rec Recessus utriculi,
aa Ampulla anterior,
ae Ampulla externa,
ap Ampulla posterior,
ca, ce, cp Canalis semicircularis anterior, externus und posterior,
s Sacculus,
de Ductus endolymphaticus,
tv Tegumentum vasculosum,
l Lagena cochleae,
pb Pars basilaris cochleae,
cus Canalis utriculo-sacc-ularis,
apn Apertura partis neglectae,
mu Macula ac. recessus utriculi,
ms Macula ac. sacculi,
mu Macula ac. neglecta,
pl Papilla ac. lagenae,
ppb Papilla ac. basilaris,
raa Ramulus amp. anterioris,
rae Ramulus amp. externae,
rap Ramulus amp. posterioris,
rs Ramulus sacculi,
rn Ramulus neglectus,
rl Ramulus lagenae,
rb Ramulus basilaris.

Fig. 153 (nach RETZIUS).

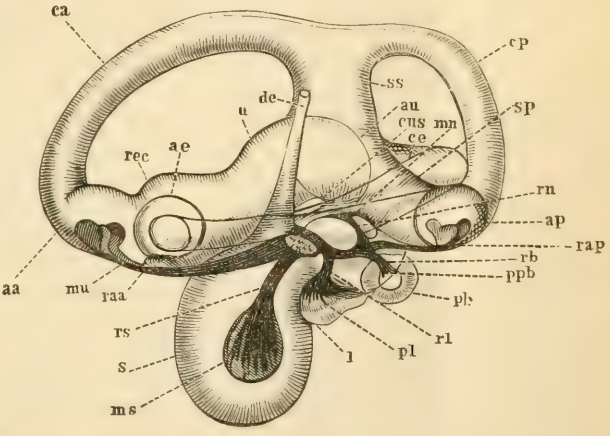
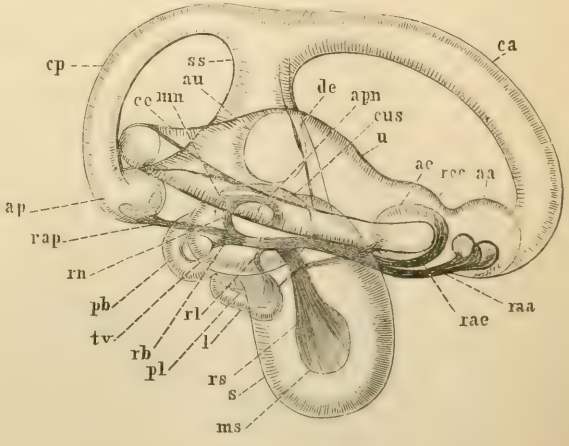


Fig. 154 (nach RETZIUS).



*) Eine ausführliche Beschreibung des Froschohrs nach RETZIUS findet sich bei ALEX. ECKER, die Anatomie des Frosches, 3. Abt. p. 79, 87. 1882. Aufserdem haben noch KUHN und HASSE über das Ohr der Frösche geschrieben.

Fig. 155.

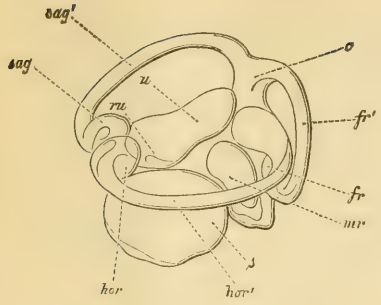


Fig. 156.

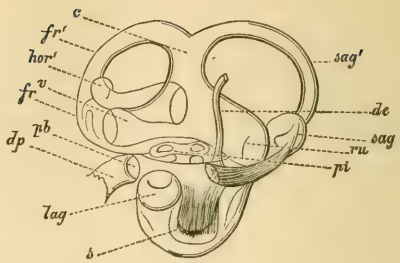


Fig. 155 stellt das membranöse Labyrinth des Frosches von der Aufsenseite, Fig. 156 dasselbe Organ von der Schädelhöhle aus dar (nach HASSE).

u Utriculus,
ru Recessus utriculi,
c Commissura,
hor' Canalis semicircularis horizontalis,
hor Ampulla horizontalis,
sag' Canalis semicircularis sagittalis,
sag Ampulla sagittalis,
fr' Canalis semicircularis frontalis,
fr Ampulla frontalis,
s Sacculus,
iag Lagena,
pi Pars initialis cochleae,
pb Pars basilaris,
de Ductus endolymphaticus (siehe aquaeductus vestibuli),
dp Ductus perilymphaticus (siehe aquaeductus cochleae).

Man unterscheidet folgende Nervenendstellen:

Macula acustica recessus utriculi, 3 cristae acusticae ampullarum, macula acustica sacculi, macula acustica neglecta, papilla acustica lagenae cochleae, papilla acustica basilaris cochleae.

Der Hörnerv zerfällt in den ramus anterior und posterior. Der ramus anterior teilt sich in den ramus sacculi, recessus utriculi und ampullae anterioris und externae.

Der ramus posterior entsendet den ramulus lagenae, r. neglectus, r. basilaris und den ramulus ampullae posterioris.

Der utriculus hat die Gestalt eines unregelmäfsigen, breiten Cylinders, der auf der einen Seite in den recessus utriculi, auf der andern in den schmalen Teil des sinus posterior übergeht, welcher sich bis zu der hinteren Ampulle erstreckt. Dieser sinus posterior wird zum Teil durch eine sichelförmige Falte, die vom hinteren Ende des äufseren Bogenganges ausgeht, in eine hintere und in eine vordere Abteilung zerlegt.

Diese Abteilungen stehen mittels einer apertura utriculi genannten Öffnung in Verbindung.

In die hintere Abteilung mündet eine enge Kommissur (sinus superior), welche die Vereinigungsstelle der beiden vertikalen Bogengänge (des sagittalen und des frontalen) ist. In die vordere Abteilung mündet das hintere, röhrenförmig erweiterte Ende des äufseren Bogenganges. An der unteren Wand, neben der apertura utriculi, beginnt eine schmale Öffnung, die in den sacculus führt und dem canalis utriculo-saccularis entspricht.

In der Region des recessus utriculi liegen nahe aneinander die vordere (sagittale) und die äufsere (horizontale) Ampulle, die das Aussehen zweier rundlich-ovaler Blasen haben und in die entsprechenden Bogengänge übergehen. An ihrer Basis erhebt sich eine Querwand, die von einer Duplikatur der Wand gebildet wird.

Auf dem freien Rande dieser Scheidewand liegt die crista acustica, die von der transparenten und klaren cupula terminalis bedeckt ist.

Am hinteren Ende des sinus posterior utriculi beginnt die hintere Ampulle, die den andern beiden ähnlich ist. Sie geht in den hinteren oder frontalen Bogengang über, der in die Kommissur der Bogengänge oder den sinus superior mündet.

Alle beschriebenen Teile bilden die von HASSE sogenannte pars superior. Der sacculus hat die Gestalt einer ovalen Blase, an deren Innenwand die grofse macula acustica sacculi mit dem grofsen, fast das ganze Innere derselben ausfüllenden Otolithen liegt. BREUER (1891) sagt über den Otolithenapparat der Frösche folgendes: „Bei den Fröschen fehlt mit den massiven, festen Ohrsteinen auch die gewaltige Entwickelung der Deckmembran. Die Anhäufung von Otokonien, deren Umfang am sacculus die Ausdehnung der papilla nervosa weit übertrifft, ist zwar eine wahrhaft luxurierende. Es scheint aber doch, dafs die Nervenendapparate gegen den Brei von mikroskopischen Kalkkrystallen nicht so viel Schutz brauchen, wie gegen die relativ gewaltigen schweren Knochen der Knochenfische."

Oben und innen erweitert sich die Wand des sacculus zum ductus endolymphaticus (aquaeductus vestibuli), der die Form eines sehr langen und engen Kanals hat, dann längs der Innenwand des Vestibulums aufwärts geht, die Gehörkapsel durch eine besondere Öffnung, die sogenannte apertura aquaeductus vestibuli, verläfst und in der Schädelhöhle endigt. Hier kommuniziert derselbe, wie HASSE nachgewiesen hat, mit dem grofsen, lappenförmigen, dünnwandigen saccus, der das Gehirn auf beiden Seiten umfafst und von zahlreichen Kalkkrystallen erfüllt ist, die ihrer Gestalt nach an die Otolithenkrystalle erinnern.

Oben und hinten geht der sacculus ohne feste Grenzen in eine besondere Abteilung über, die aus den drei Schneckengebilden besteht: der lagena, der pars basilaris und dem tegumentum vasculosum. Die vierte Ausstülpung enthält die pars neglecta RETZII. Diese, sowie die pars basilaris, sind mit besonderen Nervenendigungen versehen.

Die ganze Innenseite des membranösen Gehörorgans des Frosches ist mit einem einschichtigen polygonalen Pflasterepithel verschiedenartiger Gröfse ausgekleidet. Der Nervenapparat besteht aus Haar- und Fadenzellen.

Bei dem Otolithenapparat der Frösche ist eine so regelmäfsige Anordnung, annähernd nach den drei Dimensionen des Raumes, wie wir sie bei gewissen Fischen angetroffen haben, nicht zu konstatieren.

Die beim Experimentieren am Gehörorgan von Fröschen angewandten operativen Methoden.

Operatives Verfahren **A. Böttchers**, nach der näheren Beschreibung **J. Blochs** (1873).*)

„p. 8—12. Die pars petrosa des Schläfenbeins liegt beim Frosch auf der Seite des Hinterhauptbeins, von dem sie bei den Wasserfröschen durch einen Knorpel getrennt ist, während bei den Landfröschen zwischen diesen Knochen sehr früh eine knöcherne Verwachsung eintritt.

„Das Knochenskelett des Gehörorgans befindet sich unmittelbar vor den beiden processus condyloidei des Occiput, auf der Schädelwand, in Gestalt zweier hügelförmiger, symmetrisch gelegener Vorwölbungen, an deren Aufsenseite sich der Bandapparat des Kiefers befindet. Dieselben scheinen ebenso wie ihre äufseren Partieen gleichzeitig etwas nach hinten gerichtet zu sein.

*) Übersetzung aus dem Russischen.

Die vordere, etwas ausgehöhlte Fläche bildet die hintere Grenze der Augenhöhle, während die Innenfläche nach der Höhlung des Schädels zu liegt. Auf der Oberseite, die uns vor allem interessiert, markieren sich drei kleine, mehr oder weniger beträchtliche wallartige Erhöhungen, unter denen sich die membranösen Bogengänge befinden. Am deutlichsten tritt die hintere Erhöhung hervor, welche über der protuberantia occipitalis externa und hinter derselben nach vorn, nach der Schädeldecke zu, sich ausdehnt und gegen die Stirnfläche unter einem Winkel von 45° geneigt ist.

„Diese Erhöhung bezeichnet die Stelle, wo der vertikale Bogengang zu suchen ist: derselbe ist sehr leicht aufzufinden, da er näher der Oberfläche liegt, als die übrigen. Die Wandung des Bogenganges ist sehr dünn und besteht zum gröfsten Teile aus Knorpel, gibt demgemäfs auch bei der Durchschneidung nach. Schwächer tritt die zweite Erhöhung hervor, die den zweiten vertikalen Bogengang markiert und gegen die Scheitelfläche unter einem Winkel von 45° geneigt ist. Sie vereinigt sich in der Mitte der Schädeldecke mit der hinteren Erhöhung und ist folglich nach hinten und nach innen gerichtet. Am schwächsten tritt die dritte Erhöhung hervor, welche den horizontalen Bogengang markiert und längs des vorderen Randes der Oberseite verläuft. Auch diese Erhöhung liegt nicht ganz horizontal, sondern bildet, wie die ersten beiden, mit der Horizontalebene einen ebenso grofsen Winkel und ist von vorn oben nach hinten unten gerichtet. Unbedeutende hügelige Erhöhungen auf dem vorderen und dem hintern Walle bezeichnen die Stelle, wo sich die Ampullen befinden. Auf der nach der Schädelhöhle zu gelegenen Seite befindet sich eine ziemlich beträchtliche, runde Erhebung, die von der Vereinigungsstelle beider vertikaler Bogengänge ausgeht. Die nach der Schädelbasis zu liegende Seite weist an ihrer Oberfläche eine bemerkenswerte Vorwölbung auf, die die weitere Richtung des horizontalen Bogenganges markiert. Unten und etwas vor der erwähnten beträchtlichen runden Erhebung zeichnet sich bei schwachem Andrücken die Durchtrittsstelle des n. acusticus ab, der porus acusticus internus.

„Eine Lostrennung der Bogengänge von der sie umgebenden Knochenmasse ist unmöglich. Sie sind nicht überall, sondern nur stellenweise völlig abgeschlossen und vom Vestibulum getrennt; nur an einigen Punkten markieren quer durchgehende dünne Knochenplättchen die Gestalt des Bogenganges, an den übrigen Stellen stehen diese Bogengänge mit dem Vestibulum in Verbindung. Letzteres ist vom Gehirn durch die Knochenkapsel getrennt und kommuniziert mit demselben durch den porus acusticus internus.

„Nach der von uns gegebenen Beschreibung wird es nicht schwer sein, jeden Bogengang aufzufinden. Da aber der hintere der Oberfläche am nächsten liegt, folglich am leichtesten zugänglich ist, so wollen wir mit ihm beginnen. Wir machen einen kreuzförmigen Einschnitt, ziehen die Wundränder auseinander und treffen dabei auf zwei Venen, die an der Schädeloberfläche von vorn nach hinten verlaufen. Am Schulterblatt verschwinden sie und tritt dort nach Durchschneidung der fascia dorsalis und Loslösung der Muskeln vom Knochen eine kleine Erhöhung hervor. Am besten führen wir die Operation aus wie folgt: wir schneiden zuerst ein Stück des Schulterblatts fort, oder, noch einfacher, wir biegen den Kopf des Tieres nach unten, schneiden dann die dünnen oberflächlichen Plättchen der Knochenränder weg und bekommen dann den durch die Knorpelmasse hindurchschimmernden Kanal zu Gesicht. Sobald der Kanal eröffnet ist (was der Ausflufs der Labyrinthflüssigkeit anzeigt), so schiebt man unter den membranösen Kanal eine Nadel, um ihn emporzuheben. Wenn der Schnitt nicht zu weit nach hinten ging, stofsen wir beim Einführen der Nadel auf ein Hindernis, das

von der oben erwähnten, quer verlaufenden Knochenplatte herrührt. Mit einer Schere durchschneidet man den membranösen Kanal, ohne ihn allzusehr zu spannen. Freigelassen, hüpft der Frosch fort, ohne dabei auch nur die geringste Störung zu bekunden; er kann, wie ein gesunder Frosch, unter Aufrechterhaltung der Balance alle möglichen Bewegungen ausführen: er hüpft herbei, geht aufrecht und hält den Kopf in normaler Stellung.

„Wenn aber der Schnitt sich weiter nach hinten erstreckt und infolge dessen die Nadel leicht in das Vestibulum eindringen kann, da an dieser Stelle der Kanal nicht genau konturiert ist, oder wenn der membranöse Kanal beim Emporheben zu straff gespannt wird, so treten bisweilen sofort nach der Durchtrennung Gleichgewichtsstörungen ein.

„Um der Möglichkeit eines unvermuteten Eindringens in das Vestibulum aus dem Wege zu gehen, operiert man am besten in der Region der beiden horizontal verlaufenden Venen, trotzdem die Durchschneidung derselben eine starke Blutung hervorruft, die auch dann nicht zu vermeiden ist, wenn die Venen vorher unterbunden werden. Falls die Venen verletzt sind, mufs der Frosch so lange in Wasser getaucht werden, bis die Blutung aufhört. Natürlich erschöpft der Blutverlust den Frosch so sehr, dafs die Versuche über die Gleichgewichtserhaltung nicht immer vollkommen gelingen.

„Bei Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln, auf die wir früher hingewiesen haben, gelingt es sehr oft, auf beiden Seiten den hinteren vertikalen Bogengang zu durchtrennen, ohne dafs irgend welche bemerkenswerte Störungen veranlafst werden: der Frosch wird dadurch nur in seinen Bewegungen etwas schwerfälliger. Ebenso bemerken wir keine Gleichgewichtsstörungen, wenn zwei Bogengänge auf der einen Seite vorsichtig durchtrennt werden.“ (Unklare Beschreibung!)

Subcutanes Verfahren bei der Zerstörung des Labyrinths und der Durchtrennung der Bogengänge an Fröschen nach **Hasse** (1873).

Diese experimentelle Methode verdient grofses Vertrauen, da sie von einem solchen Kenner des Baues des Gehörorgans der Frösche, wie Hasse, vorgeschlagen und praktisch ausgeführt worden ist. Durch seine Arbeiten sind wir zum erstenmal mit der Struktur des Froschohrs genauer bekannt geworden. Durch die Arbeiten von Kuhn und Retzius sind die Untersuchungen Hasses ergänzt worden.

Es möge hier die wörtliche Beschreibung Hasses folgen.

l. c. p. 63. „Ich habe diese Experimente teilweise an Vögeln, vor allem aber mit einem meiner Schüler, Dr. RUPPRECHT, an Fröschen nachgemacht, und ich habe gerade diese Tiere gewählt, weil es bei ihnen aufserordentlich leicht gelingt, alle möglichen Nebenumstände, Blutungen, Zerstörungen der Knochen und Gehirnverletzungen auszuschliefsen. Es ist möglich, eine subkutane Zerstörung des gesamten Gehörorganes innerhalb der Kapsel ohne den geringsten Blutverlust, sogar fast ohne Abflufs der peri- und endolymphatischen Flüssigkeit vorzunehmen. Wir bedienten uns zur Ausführung unserer Experimente einer geraden, starken und einer an der Spitze hakenförmig gekrümmten Nadel, mit welcher ersteren wir die Gehörkapsel an einer gleich näher anzugebenden Stelle anbohrten, um dann mit vorsichtigem Hineinführen der gekrümmten Nadel in die Bohröffnung eine totale Zerstörung des Gehörorganes vorzunehmen. Wir trennten gewöhnlich die Haut mittels eines Längsschnittes in der Mitte der Hinterhauptsgegend und zogen die Wundränder vorsichtig auseinander, bis wir die die Oberfläche der Labyrinthkapsel

deckende Muskulatur und das über dieselbe verlaufende, als Anhaltspunkt wichtige Gefäfs zu Gesicht bekamen. Die gerade Nadel wird ein wenig lateralwäts von demselben senkrecht durch die Muskulatur auf die Oberfläche der Gehörkapsel gestofsen und trifft dort auf die Knorpelmasse, in der sich das rudimentöse epoticum entwickelt, und es gelingt jetzt, wenn der Stich richtig geführt, mit Leichtigkeit eine Öffnung in die Gehörkapsel zu bohren, in dieselbe die hakenförmig gekrümmte Nadel hineinzuführen und die Zerstörung des häutigen Gehörorganes, sei es auf einer oder auf beiden Seiten, vorzunehmen. Bei einseitiger Zerstörung beobachtet man dann gewöhnlich gleich ein Hängen des Kopfes auf die Seite, beim Sprunge vorwärts eine laterale Abweichung und Verlust des Gleichgewichts, das noch deutlicher bei doppelseitiger Zerstörung auftritt, wobei sich die Tiere dann beim Sprunge oder beim Schwimmen regelmäfsig überkugeln. Wir konservierten die operierten Tiere lange Zeit ohne eine Abnahme der bemerkenswerten Erscheinungen zu beobachten, nur die schräge Kopfhaltung pflegte nach kurzer Zeit zu verschwinden."

Operative Methode von **Solucha** und **Cyon** (1873, 1876).

Die bulla ossea liegt beim Frosch auf der Aufsenseite des os occip. later., von dem sie bei Rana esculenta durch einen Knorpel getrennt ist. Bei Rana temporaria verknöchert dieser Knorpel oft. Der Vorderrand der bulla grenzt an die orbita.

Das os petrosum erscheint als eine kleine hügelförmige Erhebung, welche nach den hochgelegenen condyli oss. occip. abfällt und etwas abwärts geneigt ist. Auf dieser Erhebung fallen drei schwache Erhöhungen ins Auge, welche die Bogengänge bedecken. Die höchste, am weitesten nach hinten zu gelegene entspricht dem äufseren (kleinen), vertikalen Bogengang. Zunächst sucht man diesen auf. Hierzu schlitzt man die Haut über dem os petros. durch einen bogenförmigen Schnitt auf, dessen Konkavität dem äufseren Gehörgange zugewandt ist. Dann unterbindet man die auf der konvexen Seite liegende Vene an zwei Stellen und durchschneidet sie. Eine Verletzung derselben mufs man vermeiden, da das ihr entströmende Blut die weitere Ausführung der Operation behindern würde. Dann biegt man den Kopf des Frosches etwas nach hinten und schneidet unmittelbar vor dieser Vene ein Stück des zarten Knochens weg, der den vertikalen Bogengang bedeckt. Das Abfliefsen von Lymphe zeigt an, dafs die Eröffnung des Bogenganges in der That bewerkstelligt ist. Dann zieht man mit einer Nadel den sehr dünnen membranösen Kanal heraus und durchtrennt ihn. Fast immer findet selbst nach vorheriger Unterbindung der Vene eine Blutung statt. Es empfiehlt sich die ganze Operation unter der Lupe auszuführen.

Gröfsere Schwierigkeiten bietet die Auffindung des horizontalen Bogengangs. Dagegen gelingt die Durchtrennung ohne jede Blutung. Die diesem Bogengange entsprechende Erhöhung ist sehr flach und befindet sich in der Richtung von vorn oben nach unten hinten am vorderen Rande der erwähnten hügelförmigen Erhebung (os petros.).

Der innere vertikale Bogengang liegt teilweise zwischen den beiden anderen und erstreckt sich von vorn aufsen nach hinten innen.

Extraktion des Froschlabyrinths nach **Anna Tomaszewicz** (1877).

Zwei Schnitte: ein Schnitt von dem unteren hinteren Rande des Trommelfells bis zur Mittellinie des Kopfes und von hier in der Mittellinie senkrecht zum ersten ein zweiter Schnitt. Der so gebildete rechtwinklige

Lappen wird nach oben umgeklappt. Die am Knochen in der Nähe des Orbitalrandes liegenden Muskeln werden durchschnitten und nach unten geschoben, wobei die obere Fläche des os petr. freigelegt wird. Darauf wird die eine Branche einer spitzen, feinen Schere am vorderen oberen Rande des Trommelfells durch dieses hineingeschoben, wobei man dicht an der unteren Fläche des Knochens quer vorwärts bis zu einer Linie rückt, die man sich durch den zunächst der Mittelebene des Kopfes liegenden Punkt an der Konvexität des hinteren vertikalen Kanals, der Mittelebene des Körpers parallel, gezogen denken soll. Jetzt trennte T. den Knochen durch, indem sie die an der oberen Fläche des Knochens liegende Branche der Schere der an der unteren Fläche liegenden näherte. Dann wurde parallel zu dem eben geführten Schnitt ein anderer gelegt, der von dem hinteren oberen Trommelfellrande ausging. Beide Schnitte werden durch einen dritten auf beide senkrechten vereinigt, und die so entstandene viereckige, das Labyrinth einschliefsende Knorpelplatte wird entfernt.

Die Blutung kann durch Andrücken eines Schwammes oder durch Anlegen von Klemmpincetten leicht gestillt werden, die Wundränder werden vernäht. Frösche, die in dieser Weise operiert wurden, lebten viele Wochen lang.

Diese operative Methode ist, wie wir sehen, sehr destruktiv und dabei ungenau; daher haben auch die gewonnenen Resultate einen kaum sehr hoch anzuschlagenden Wert. Über den Zustand des Gehirns wird nichts gesagt. T., welche die verhältnismäfsig sehr genauen Methoden von Breuer äufserst ungezwungen kritisiert, scheint gegen sich selbst überhaupt sehr nachsichtig zu sein und zieht dabei allzukategorische Folgerungen.

Methode der Zerstörung des Labyrinths am Frosche nach **Schrader** (1887).[185])

Schr. nahm die Zerstörung des innern Gehörorgans an Fröschen *von der Mundhöhle* vor. Durch eine kleine Incision der Schleimhaut legt man die Basis des Labyrinths frei. Die hier hindurchgehenden Schläfenarterien schiebt man zur Seite, durchbohrt dann die Knorpelkapseln und zerstört durch die gemachten Öffnungen hindurch das ganze innere Ohr. Man mufs hierbei das Instrument nach der Mittellinie der Kopfbasis, wo die Hörnerven liegen, richten. Die Operation wird gewöhnlich von den Tieren gut ertragen; dieselben erholen sich bald wieder.

Ewalds Beschreibung der **Schrader**schen Operationsmethode (1892).

„Man wähle stets weibliche Tiere von Rana esculenta, bei denen man das Otolithensäckchen am besten durch den Knochen durchschimmern sieht. Gerade über dem kleinen weifsen Fleck, der von dem durchschimmernden Otolithensäckchen herrührt, bohrt man mit einem Metallbohrer von 0,7 mm Durchmesser aus freier Hand ein Loch, bis man mit dem Bohrer in die Ohrhöhle einsinkt. Dies Loch wird mit einem Bohrer in Knospenform (Ash a. Sons) erweitert, bis auch er in die Ohrhöhle unbehindert eindringen kann. Nun wird zunächst das Otolithensäckchen mit einer Nadel zerstört und der milchige Inhalt mit einer Spritzflasche oder unter der Wasserleitung entfernt. Ist so das Operationsfeld wieder klar geworden, so gehe ich mit dem Excavator Nr. 112 ein, und wenige Bewegungen mit ihm nach der Seite hin, wo der acusticus in die Gehörkapsel eintritt, genügen, um das ganze Labyrinth loszulösen. Man zieht es dann mit einer spitzen Pineette in toto heraus und bringt es zur genaueren Kontrolle in ein Uhrschälchen mit Wasser.“

Ewalds Methode der Zerstörung des Labyrinths am Frosch vom Rücken aus (1892).

„Ganz analog der eben beschriebenen Operation vollzieht sich die Entfernung des Labyrinths vom Rücken aus. Nur mufs man hier erst die über dem Felsenbein liegenden Muskeln zur Seite schieben, bevor man die Knochen anbohren kann. Zu einer Blutung kommt es auch bei dieser Methode nicht, aber die SCHRADERsche Methode ist bequemer."

Reptilia.

An dieser Tierklasse sind noch keine Versuche angestellt worden.

Aves.

Topographische Anordnung der einzelnen Teile des Gehörorgans der Vögel.*)

Das äufsere Ohr.

Das äufsere Ohr ist sehr einfach. Bei dem Fehlen der Ohrmuschel ist die Öffnung des äufseren Gehörganges von Federn umgeben, mit denen manche Vögel (Nachtraubvögel, insbesondere die Eulen, sowie auch einige andere Arten: Albatros, Seeschwalbe, gröfsere Watvögel, Storch) die Ohröffnungen nach Belieben bedecken können, indem sie eine befiederte Hautfalte vorschieben.

Der kurze Gehörgang führt zum Trommelfell, welches bei den Vögeln nach aufsen vorgebuchtet und wie bei den Säugetieren geneigt ist.

Das mittlere Ohr.

Die Paukenhöhle hat eine unregelmäfsige Gestalt. Ihre Grenzen zu bestimmen ist unmöglich, da sie in ein ganzes System von Zellen und Hohlräumen, die zwischen der inneren und äufseren Platte des Schädelknochens liegen und mit Luft erfüllt sind, übergeht. Besonders stark sind diese Hohlräume bei den Nachtraubvögeln entwickelt, unter denen die Eulen die erste Stelle einnehmen. So stehen bei Strix flammea die Hohlräume beider Ohren in der Occipitalregion und an der Schädelbasis, wo die Schnecken liegen, miteinander in Verbindung. Von geringeren Dimensionen sind sie bei andern Nachtraubvögeln. Noch kleiner sind sie beim Kasuar und beim Strauls. Bei den Tagraubvögeln und den Vertretern der Hühnerfamilie findet sich eine derartige Kommunikation der Hohlräume nicht, dafür aber eine gröfsere Zahl derselben um die Bogengänge herum. Bei den Vögeln der Gänsefamilie nimmt ihre Gröfse beträchtlich ab (CUVIER).

Vorn und unten kommuniziert die Paukenhöhle mittels einer elliptischen Öffnung mit den luftführenden Zellen der Schädelbasis und mit den Eustachischen Tuben, die mittels einer parallel zur Längsaxe des Körpers gelegenen verlängerten Öffnung im Nasenrachenraum endigen.

Die gesamte Paukenhöhle teilt BRESCHET in zwei Teile. Der *innere* Teil ist

*) Die nachstehende Beschreibung ist nach den Werken von BRESCHET (1836), CARLISLE (1805), CUVIER (1801) u. a. zusammengestellt.

von oben nach unten und von vorn nach hinten ausgedehnt und in der Richtung von aufsen nach innen sehr eng. Der *innere* Teil, welcher zu dem vorigen unterhalb und nach innen liegt, hat von aufsen nach innen eine gröfsere Ausdehnung, als von vorn nach hinten oder von oben nach unten, und besitzt die Gestalt eines leeren Cylinders, der zur Aufnahme des Gehörknöchelchens, der columella (diese Bezeichnung wurde von CASSERIUS 1600 eingeführt) bestimmt ist. Dieser säulenförmige Knochen lehnt sich mit seinem einen Ende, dem Kopfe, gegen das Trommelfell, und mit dem andern, der scheibenförmig verbreiterten Basis, der Sohle (operculum), schliefst es das foramen ovale. Bei den Vögeln ist der Kopf der columella mittels einer dreieckigen Platte mit abgerundeten Ecken am Trommelfell befestigt. Die lange Seite der Platte liegt dem Trommelfell an. In derselben befindet sich bei allen Vögeln eine feine Öffnung. Die columella ruht mit 3, 4, 5 oder 6 Wurzeln auf dem operculum. Selten beobachtet man zwei Wurzeln und sehr selten befindet sich zwischen denselben eine Öffnung, wodurch man an die Bifurkation der Steigbügelschenkel der Säugetiere erinnert wird. In der Tiefe der cylindrischen Höhle liegen das ovale und das runde Fenster, die in das Labyrinth führen und mit Membranen überzogen sind.

BREUER weist auf folgende topographische Eigentümlichkeiten hin: Wird der äufsere Gehörgang dem Blick zugänglich gemacht und dann das Trommelfell durch einen Kreuzschnitt durchtrennt, so erblicken wir an der Innenwand der Paukenhöhle eine Reihe von Hohlräumen, die in mehreren Etagen liegen. Die beiden obersten Etagen sind die luftführenden Höhlungen der Schädelknochen; die untere hat die Gestalt eines Ganges, der anfangs nach innen und dann nach vorn gerichtet ist, wobei er sich mit dem entsprechenden Gange der andern Seite vereinigt und in den Nasenrachenraum mündet. Nahe der hinteren Wand dieses Ganges, einige Millimeter von seinem Beginn in der Paukenhöhle nach innen, befindet sich die lagena. Sie am lebenden Tier zu präparieren ist unmöglich, 1. wegen des dichten sie umgebenden Knochengewebes und 2. wegen der Nähe des grofsen venösen Sinus, der im hintern Teil des Ganges gelegen ist.

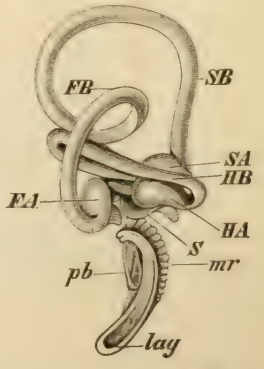
Inneres Ohr.

Der Vorhof bildet eine unregelmäfsige, verhältnismäfsig kleine Höhle, von der die drei umfangreichen Bogengänge und ein blind endender fingerförmiger hohler Forsatz (cul-de-sac) mit einer kolbenförmigen Anschwellung am Ende — die Schnecke mit der lagena — ausgehen.

Das membranöse Labyrinth von Columba domestica nach HASSE.

In Fig. 157 ist das Labyrinth mit der Ansicht von der Aufsenseite, in Fig. 158 mit der Ansicht von der Schädelhöhle aus abgebildet.

Fig. 157 (nach HASSE).

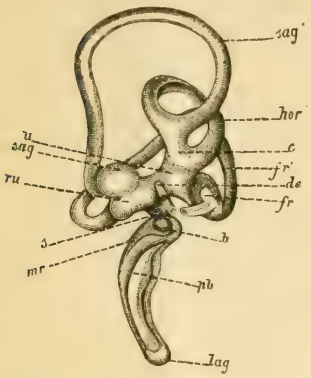


(Fig. 157 u. 158.) *Pars superior.*

u	Utriculus,
ru	Recessus utriculi,
sag', *SB*	Canalis semicircularis sagittalis,
sag, *SA*	Ampulla sagittalis,
hor', *HB*	Can. semicir. horizontalis,
HA	Ampulla horizontalis,
fr', *FB*	Can. semicir. frontalis,
fr, *FA*	Ampulla frontalis,
de	Ductus endolymphaticus,
c	Commissura.

Der gröfste S-förmig gewundene Kanal, der nach oben, nach innen und nach vorn zu liegt und der vertikalen sagittalen Ebene annähernd parallel ist, heifst der *vordere vertikale* oder *sagittale;* derjenige, welcher nach unten, nach hinten und nach aufsen zu liegt und der Frontalebene annähernd parallel ist, heifst der *äufsere vertikale* oder *frontale;* der dritte endlich, der ebenfalls nach aufsen, jedoch parallel zur Horizontalebene liegt, heifst der *horizontale.* (Die weitere Nomenklatur siehe Seite 198.) Die beiden letzten kleineren Kanäle durchkreuzen sich und bilden auf diese Weise 4 Quadranten. Zwei kleine halbkugelförmige Verdickungen — *die vorderen Ampullen* — liegen nach vorn auf dem Sagittal- und Horizontalkanal, die dritte, die *hintere Ampulle*, befindet sich unten hinten am Frontalkanal. Untereinander gehen die Kanäle noch folgende Vereinigungen ein. Der sagittale und der frontale hängen mit den nichtverdickten Enden untereinander zusammen und bilden so, wie bei den Säugetieren, einen gemeinsamen Kanal, jedoch mit dem Unterschied, dafs der eine vor dem andern (au-devant, BRESCHET) vorbeigeht, so dafs der innere an dem hinteren, der äufsere an dem vorderen Winkel des gemeinschaftlichen Sinus mündet. Diese Struktur ist fast bei allen Vögeln dieselbe. Indessen beobachtet man bei vielen Raubvögeln und bei den Raben etwas Besonderes; hier kreuzt der Horizontalkanal einmal den äufseren vertikalen, darauf den gemeinsamen Kanal, und mündet dann erst, nachdem er sich abgesondert hat, in den Vorhof. Der gemeinschaftliche Kanal ist breit, aber kurz und mündet über dem aquäductus. Der äufsere vertikale und der horizontale Kanal durchkreuzen sich fast unter einem rechten Winkel, wobei ihre Höhlungen an dieser Stelle kommunizieren. Am gröfsten sind die Bogengänge bei den Nachtraubvögeln und Sperlingen.

Fig. 158 (nach HASSE).



Pars inferior.

s, S Sacculus,
lag Lagena,
pb Pars basilaris,
mr membrana Reissneri,
b Vorhofsblindsack.

Die Schnecke ist nach innen und etwas nach hinten gerichtet.

Bei den Vögeln ist das Labyrinth, im Vergleich zum Volumen des Kopfes, weit gröfser als bei den Säugetieren.

Auf der der Schädelhöhle zugewandten Seite befindet sich eine kleine Vertiefung, der meatus auditorius internus der Säugetiere; dieselbe zeigt mehrere Öffnungen für den Nervendurchgang. Die gröfste untere Öffnung ist für die Schneckennerven bestimmt. Drei weitere kleine Öffnungen liegen oberhalb der Vertiefung; durch die vordere gehen zwei ampullare und der utriculare, durch die mittlere der sacculare und durch die hintere noch ein ampullarer Nerv. Noch weiter nach vorn liegt eine Öffnung für den Durchtritt des Nervus facialis.

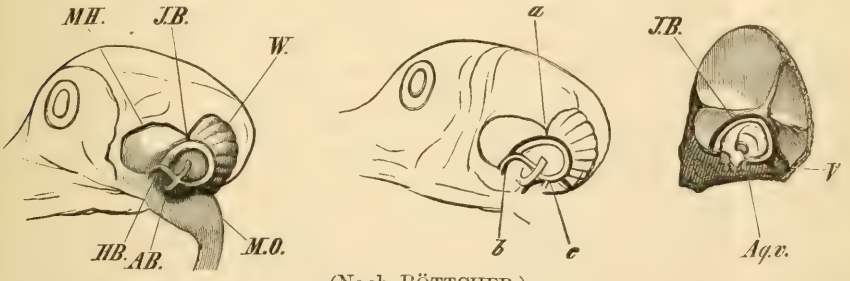
Etwas nach hinten und über dem innern Gehörgang bemerkt man eine leicht hervortretende Öffnung, die scharf markiert ist und in einen Kanal führt, welcher schräg bis zum vestibulum sich erstreckt; es ist dies der aquäductus vestibuli s. ductus endolymphaticus. Das membranöse Labyrinth füllt nur zum Teil die Höhlung des knöchernen aus, an dessen Wandungen es durch zarte Bindegewebsfasern befestigt ist. Die Schnecke wird durch einen Knorpelrahmen, in welchem eine Membran ausgespannt ist, in zwei Teile zerlegt, die an der Spitze der lagena kommunizieren.*)

*) Über die mikroskopische Struktur s. bei HASSE und RETZIUS.

Beim Operieren an den Bogengängen ist es von Wichtigkeit, die Anordnung der Gefäfse zu kennen, deren Verletzung durch Blutung in die benachbarten, das Labyrinth umgebenden Hohlräume und in die Schädelhöhle zu unerwünschten Komplikationen führt. SCARPA erwähnt zuerst die Gefäfse der Bogengänge (1789), deren Verletzung FLOURENS bei seinen Versuchen (1824) vermied, wobei er gleichzeitig darauf hinwies, dafs diese „Arterien“ sich an den Aufsenseiten eines jeden Kanals hinziehen. BRESCHET sah sie gleichfalls (1836) an injizierten Präparaten, machte jedoch zwischen Venen und Arterien keinen Unterschied. CYON nennt sie „Venen“ (1873). Am ausführlichsten wurde diese Frage, sowie auch das Verhältnis der Bogengänge zu den Nachbarorganen von A. BÖTTCHER behandelt (1874).

Der innere vertikale Bogengang liegt in seiner ganzen Ausdehnung so dicht dem Gehirn an, dafs bei seiner vollständigen Durchtrennung auch dieses Organ berührt wird. Das vordere Drittel des Kanals *JB* liegt dem Mittelhirn (Fig. 159 *MH*) an, das mittlere und ein Teil des hinteren ruht in einer kleinen Furche des vermiculus (*W*).

Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.



(Nach BÖTTCHER.)

Fig. 159. Das linke Ohr der Taube mit seinen Beziehungen zum Gehirn. *MH.* Mittelhirn. *W.* Vermiculus. *MO.* Medulla oblongata. *HB.* Canalis horizontalis. *AB.* Can. frontalis. *JB.* Can. sagittalis. Die Blutgefäfse sind entfernt.

Fig. 160. Dieselbe Seite. Die Blutgefäfse sind erhalten und als schwarze Linien gezeichnet. *a* Vene, die sich an der konvexen Seite des can. sagittalis hinzieht; bei *c* durchschneidet sie den hinteren Teil des can. horizontalis und legt sich dann dem unteren Teil des can. frontalis an. *b* Andere Vene, die dem oberen Teil des can. frontalis und dem vorderen des can. horizontalis anliegt.

Fig. 161. Das rechte Ohr von der Schädelhöhle gesehen. *J.B.* Can. sagittalis mit der ihn begleitenden Vene, die hinten (*V*) mit dem grofsen mittleren Sinus der dura mater anastomosiert. *Aq.v.* trichterförmiger Fortsatz der in die apertura des Aquäductus vestibuli eindringenden pia mater.

Fig. 162. (Nach BÖTTCHER.)

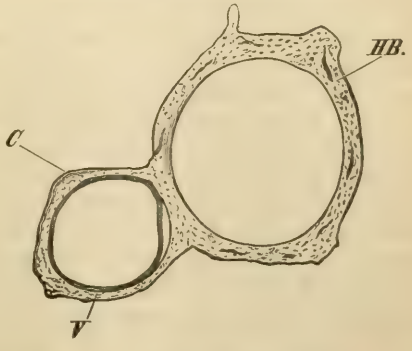


Fig. 162. Querschnitt durch den vorderen Teil des can. horizontalis *HB.* *V* ihn begleitende, vom knöchernen Kanal *C* umschlossene Vene. (Alle Figuren nach BÖTTCHER.)

Auf der inneren Oberfläche tritt der Kanal in die Schädelhöhle hinein (Fig. 161 *J.B.*) und befindet sich demgemäfs in unmittelbarer Berührung mit den erwähnten Gehirnteilen. Aufserdem begleitet ihn hier die sinusförmige Vene

(Fig. 160*a*, Fig. 161 *V*), deren bei einer völligen Durchschneidung des Kanals unvermeidliche Verletzung Blutung in die Schädelhöhle nach sich zieht. Die einzige Stelle, an der die Durchschneidung des Kanals ohne Verletzung des Gehirns noch gelingen könnte, ist das untere hintere Drittel desselben da, wo er sich vom vermiculus entfernt und dem äufseren horizontalen Kanal (Fig. 160*c*) sich nähert. Hier kann man den Kanal nach innen und aufsen, wie gesagt, durchschneiden; doch wird man zur Vermeidung einer Blutung sich einen Weg von oben und innen bahnen müssen.

Was die beiden andern zum Operieren geeigneten Kanäle betrifft, so zerfällt jeder derselben infolge ihrer Durchkreuzung in zwei Abschnitte, die sich hinsichtlich ihrer Gefäfse verschieden verhalten. Der *obere* Abschnitt des äufseren vertikalen und der *vordere* Abschnitt des horizontalen Kanals — die zugänglichsten Stellen zum Operieren — sind stets von einem Blutgefäfs begleitet, das in einem besonderen knöchernen Kanal gelegen ist. Dieser befindet sich stets auf der *Vorderseite* des oberen Abschnitts, von wo er unter rechtem Winkel nach der Durchkreuzungsstelle herabgeht, den horizontalen Kanal *schneidet* und zuerst auf seiner *unteren*, weiter unten auf seiner *äufseren* Seite aufliegt. (Fig. 159 *AB* und *HB*, Fig. 160 *b*.). Von hier ist das Blutgefäfs, das nach J. BREUER (1875 p. 116) eine Vene sein soll, nach vorn gerichtet und wendet sich an der Innenseite der Höhle des vorderen unteren Quadranten nach unten in der Richtung zur vena jugularis. Um also einer Blutung vorzubeugen, müfste man den längeren vorderen Abschnitt des Horizontalkanals *von oben* und den oberen Abschnitt des äufseren vertikalen Kanals *von hinten* öffnen. Eine vollständige Durchtrennung des ganzen Kanals ist nicht zu bewerkstelligen, da Gefäfs und Kanal durch eine einzige gemeinsame Wand geschieden sind (Fig. 162).

Ob wir es im gegebenen Falle mit einer Vene oder mit einer Arterie zu thun haben, ist nach der Ansicht BÖTTCHERs ohne Belang. Für den venösen Charakter des Gefäfses spricht das dunkle, in einem gleichförmigen Strahl ausströmende Blut. Jede Verletzung ist mit einem sehr bedeutenden Blutverlust verbunden. Der *untere* Abschnitt des äufseren vertikalen und der *hintere* Abschnitt des horizontalen Kanals sind wegen ihrer tiefen Lage und Kürze zur Durchschneidung weniger geeignet. Dafür bietet sich auf der andern Seite der Vorteil, dafs 1,5—2 mm lange Stückchen der Kanäle unmittelbar an der Kreuzungsstelle vollständig gefäfsfrei sind. Etwas weiter hinten unten treffen wir von neuem auf eine grofse Vene, die den inneren Vertikalkanal begleitet. Indem sie diesen verläfst, biegt sie nach vorn um und schneidet den hinteren Teil des horizontalen Kanals quer durch, um sich dann an den untersten Abschnitt des äufsern vertikalen Kanals anzulegen (Figur 160 *c*). Hier erfolgt, wenn gewisse Grenzen überschritten werden, gleichfalls eine starke Blutung, die infolge der Anastomose dieser Vene mit dem sinus der dura mater sehr gefährlich ist. Die Durchschneidung gefäfsloser Stellen in der Nähe der Kreuzungsstelle hat noch den Vorteil, dafs eine Verletzung des aquäductus vestibuli mit ihren Folgen vermieden wird.

Die Stelle, wo sich der äufsere vertikale und der horizontale Kanal durchkreuzen, tritt äufserlich in Form einer Wölbung hervor (Fig. 159 *AB* und *HB*), die von dem zunächst gelegenen Teile des Gehirns, welcher mit einem kegelförmigen Fortsatz in den durch den inneren vertikalen Kanal abgegrenzten Raum hineinragt, hinlänglich entfernt ist. An dem höchsten Punkte der Wölbung kann eine Verletzung der Kanäle ohne irgend eine Affektion des Gehirns vorgenommen werden. Den Gehirnfortsatz, der sich in einer Vertiefung unterhalb des Bogenganges befindet, erwähnt zum erstenmal POHL (1818). FLOURENS*) untersuchte ausführlicher die

*) Le lobule latéral du cervelet se trouve aussi dans les oiseaux; il est même assez développé dans l'oie, le canard, par exemple; il l'est moins dans le dindon,

Beziehungen dieses lobus zu den Bogengängen, wobei er darauf hinwies, dafs derselbe bei den verschiedenen Vogelarten ungleich stark entwickelt sei und beim Kaninchen dem inneren Bogengang dicht anliege. Mit besonderer Aufmerksamkeit aber beschäftigte sich mit dieser Frage SCHKLAREWSKY (1872).[340]) Auf Grund seiner vergleichend-anatomischen Untersuchungen fand er bei den Vögeln unterhalb der Bogengänge einen tiefen, völlig isolierten Hohlraum, den er cavitas mesootica nannte und der mit den luftführenden Hohlräumen in Verbindung steht. In dieser Vertiefung hat nach seiner Meinung der mit dem vermiculus des cerebellum verbundene Gehirnlobus Platz. Durch Verletzung desselben erklärte SCHKL. alle Störungserscheinungen nach Durchschneidung der Bogengänge.

Wir wollen uns hier der BLOCHschen Beschreibung dieses Hohlraums bedienen, da das SCHKLAREWSKYsche Original uns nicht zugänglich war. „SCHKL. fand bei den Vögeln in demjenigen Teile des Schläfenbeins, in welchem die Bogengänge liegen, in dem von diesen eingeschlossenen Raum eine völlig isolierte Vertiefung (cavitas mesootica), die tief hineinreicht und von pneumatischen Knochenzellen umgeben ist. Diese Vertiefung steht mit dem hinteren Teil der Schädelhöhle in Verbindung und ist demnach eine Fortsetzung derselben. Sie erstreckt sich einige Millimeter weit in der Richtung von innen nach aufsen; in manchen Fällen ist sie gröfser und hat die Gestalt eines abgerundeten, mit der Basis nach innen gedrehten Kegels. Die Längsaxe dieser Vertiefung fällt mit der Linie zusammen, welche die Oberflächen des horizontalen und des äufseren vertikalen Bogenganges abgrenzt, an deren Vorder- oder teilweise Hinterseite diese Vertiefung heranreicht. Die nach aufsen gewandte abgerundete Spitze derselben reicht bis zu derjenigen Stelle, wo die äufsere Konvexität des äufseren Bogenganges an die äufsere Platte der Schädeldecke grenzt. Daher befindet sich diese Vertiefung in dem Winkel, der durch den Schnitt des äufseren vertikalen und des horizontalen Bogenganges gebildet wird. Der innere vertikale umgibt in einiger Entfernung den Eingang in die Vertiefung, der meistens kleinere Dimensionen aufweist, als der übrige Teil derselben. Nicht weit unterhalb dieses Einganges liegt das vestibulum mit den Ampullen; die in der Vertiefung befindliche Gehirnsubstanz steht mit dem vermiculus des cerebellum in Verbindung; diese Gehirnsubstanz ist von allen Gehirnhäuten umgeben; auf diesen befindet sich ein stark entwickeltes Blutgefäfsnetz.“ Hinzugefügt mag werden, dafs SCHKL. bei der mikroskopischen Untersuchung Nervenstränge und -zellen sah.

BÖTTCHER, der diese Beobachtungen prüfte, kam zu dem Schlusse, dafs der von SCHKL. beschriebene Fortsatz nicht dem Kleinhirn angehöre, sondern nichts anderes als der aquäductus vestibuli wäre. Die sorgfältigen Beobachtungen C. HASSEs haben erwiesen, dafs der Aquädukt nach seinem Austritt aus der apertura aquaeductus vestibuli frei zwischen der dura mater und der Schädelhöhle endigt und, nachdem er sich trichterförmig erweitert hat und mit den Hirnhäuten verschmolzen ist, auf der Seite des Kleinhirns als cavum epicerebrale mündet. Wird bei Tauben nach Eröffnung der Schädelhöhle das cerebellum vorsichtig zur Seite geschoben, so bietet sich dem Auge der trichterförmige, nach der apertura aquäd. vestib. gerichtete Fortsatz der Gehirnhäute dar. Es bedarf nur einer geringen Kraft, um ihn abzureifsen (Fig. 161). Nach aufsen von hier liegt ein verhältnismäfsig grofser Hohlraum; er zieht sich längs des äufseren vertikalen Kanals bis zu dessen Wölbung hin und enthält aufser dem endolymphatischen auch den perilymphatischen Raum; in diesem Hohlraume befinden sich zahlreiche, zum Teil ziemlich voluminöse Blutgefäfse

---

la poule, la caille etc., et moins encore dans le pigeon, les passereaux, les oiseaux de nuit etc.

[340]) SCHKLAREWSKY. Kleinhirn und Bogengänge der Vögel. Vorläufige Mitteilung. Vorgelegt von G. MEISSNER 12. Juni 1872. Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

(cavitas mesootica SCHKL.); Nervenfäden und -zellen waren mikroskopisch nicht zn entdecken.

J. BREUER sah (1875) auf Querschnitten des cavum mesooticum Blutgefäfse — 2 grofse Venen und den aquäductus — durchschimmern. Unvorsichtiges Öffnen genügt, um eine den ganzen Versuch völlig vereitelnde Blutung hervorzurufen. Unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmafsregeln gelingt es jedoch, die Höhle mit einer feinen Nadel ohne jede Blutung zu verletzen.

Demnach kann bei der Durchschneidung des äufseren vertikalen und des horizontalen Kanales von der Verletzung irgend eines Fortsatzes des Kleinhirns bei Tauben nicht die Rede sein. Von dieser Seite liegt also keine Gefahr vor.

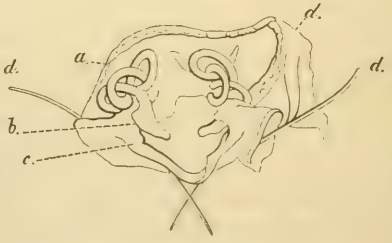
Dagegen entsteht eine andere Frage: inwieweit ist beim Operieren an den Bogengängen die Durchschneidung des aquäductus vestib. mit seinen Geleitgefäfsen in Rechnung zu ziehen?

Wenn man nicht eine vorsichtige Durchschneidung vornimmt, sondern einfach die Kanäle mit der Pincette ausbricht, so werden durch Vermittlung dieses Fortsatzes leicht der utriculus und die Hirnhäute gereizt; bei Verletzung desselben tritt eine starke Blutung auf, welche unter Umständen einen höheren Hirndruck hervorrufen kann.

CRUM BROWN machte (1874) auf eine gewisse Eigentümlichkeit in der gegenseitigen Lage der beiderseitigen Bogengänge aufmerksam. Die Ebene des sagittalen Kanals der einen Seite ist *parallel* der des frontalen der anderen Seite, und umgekehrt. Diese Beziehung hat BREUER (1875) in anschaulicher Weise in der nebenstehenden Figur zur Darstellung gebracht, in welcher die Richtung der frontalen Kanäle durch eine punktierte, diejenige der sagittalen durch eine ununterbrochene Linie markiert ist (Fig. 163).

Fig. 163. (Nach BREUER.)

Fig. 164.



Schädel von Gallus gallinaceus, von vorn. (Nach SCARPA.)

a Schädelknochen,
b Cochlea,
c Tuba Eustachii mit einer durch dieselbe eingeführten Sonde.

Um die Sache noch deutlicher darzustellen, ist eine Abbildung nach SCARPA beigefügt (1772); an derselben ist die Lage der Kanäle von vorn dargestellt, wobei die kegelförmigen Schnecken nach unten und etwas nach innen gerichtet sind (Fig. 164).

In topographischer Hinsicht bemerkt man bei den Vögeln eine vollständige Scheidung der pars superior von der pars inferior. Der obere Teil liegt oben hinten und zu der Schädelhöhe nach aufsen, der untere unten vorn und nach innen. Eine solche Anordnung kann für die Säugetiere und den Menschen als typisch angesehen werden.

Infolge der Entwickelung der Schnecke ist der sacculus bei den Vögeln auf ein unbedeutendes Gebilde reduziert, und zwar in weit stärkerem Mafse, als bei irgend einer anderen Tiergruppe.

Gehen wir nunmehr zu der Beschreibung des Otolithenapparats der Vögel über, dem BREUER (1890) besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat. Er konstatierte, dafs die Richtungen der drei mit den Otolithenmembranen versehenen maculae mit den Ebenen der Bogengänge zusammenfallen. Die macula utriculi liegt in der Ebene des *horizontalen* Bogenganges in der Richtung *von vorn innen* nach *hinten aufsen*. Die macula sacculi liegt der Schädelwand an und befindet sich in der Ebene des *sagittalen* Kanals horizontal in der Richtung von *vorn aufsen* nach *hinten innen*, so dafs sich folglich die Richtungslinien der macula sacculi und utriculi durchkreuzen, und endlich ist das untere Ende der Schnecke mit der lagena der Ebene des *frontalen* Kanals fast parallel und zwar von *oben* (aufsen hinten) nach *unten* (innen vorn) gerichtet. Um sich von der ungefähren Lage der Otolithenapparate zu überzeugen, ist es erforderlich, das Labyrinth in besonderer Weise zu behandeln. BREUER that dies auf folgende Weise: Das knöcherne Labyrinth kleiner Vögel (Meisen, Finken od. dgl.) wird in Verbindung mit dem Schädel möglichst rein präpariert, dann durch Behandlung mit Alkohol, Xylol und Damar- oder Kanadabalsam durchsichtig gemacht und in letzterem aufbewahrt. An einem solchen Präparat sind durch die wie Glas durchsichtigen Knochenplättchen die Otolithenmembranen bei auffallendem Licht als opake weifse, im durchgehenden als schwarze Flecke wahrzunehmen.

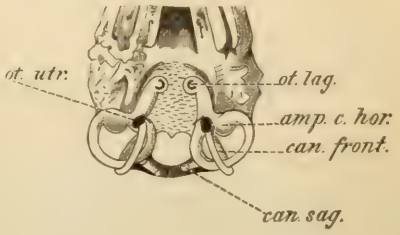
Fig. 165 stellt den transparenten Schädel einer Meise von unten dar (nach BREUER).

Wenn man irgend eine macula betrachtet und das Präparat so lange dreht, bis die macula im optischen Querschnitt als Linie erscheint, so läfst sich ihre Lage mit derjenigen der Kanäle vergleichen und mit hinreichender Genauigkeit feststellen.

1. *Macula sacculi.* Der Boden des sacculus hat die länglich-elliptische Gestalt eines Weizenkorns; der lange Durchmesser liegt genau in der Ebene des horizontalen Kanals, verläuft aber horizontal von *aufsen vorn* nach *innen hinten*. Der kurze Durchmesser verläuft nicht vertikal, sondern von *oben innen* nach *unten aufsen*, so dafs die Oberfläche der Otolithenmembran unter einem Winkel von 45°—50° nach aufsen hinten unten geneigt ist.

Die Zellhaare konvergieren sowohl auf vertikalen als auf horizontalen Schnitten an den beiden Enden gegen die Mitte zu.

Fig. 165. (Nach BREUER.)



2. Die *macula utriculi* bildet den Boden des recessus utriculi und hat die Gestalt eines nicht ganz regelmäfsigen Trapezes. Der längere Durchmesser liegt in der Ebene des horizontalen Kanals und ist von *aufsen hinten* nach *vorn innen* gerichtet, parallel der Frontalebene; es nimmt folglich die macula eine mittlere Lage zwischen der horizontalen und der frontalen Ebene ein. Der kürzere Durchmesser liegt in der Sagittalebene, jedoch nicht vollkommen horizontal, sondern er bildet mit der Horizontalen einen nach vorn offenen Winkel von ungefähr 10°, d. h. die macula ist von *vorn aufsen* nach *hinten unten* leicht geneigt. Auf Durchschnitten in der Frontalebene ist die macula vollständig eben, auf solchen in der Sagittalebene jedoch *muldenförmig* konkav, indem sie vorn und hinten aufgebogen ist.

Die Zellhaare konvergieren auf Schnitten jeder Richtung von der Peripherie gegen die Mitte zu.

3. Die *lagena.* Die genaue Bestimmung ihrer Lage gelingt nur bei unverletzter Knochenkapsel oder an Durchschnitten, da der Knorpelrahmen nach der Härtung

stark federt. Die Schnecke der Vögel beschreibt nicht ganz eine halbe Spirale. Sie beginnt an der ampulla frontalis, zieht parallel der Ebene des frontalen Kanals hinunter und neigt sich schwach nach vorn und nach innen. Diese pars basilaris geht in ein blind endendes, flaschenförmiges Gebilde über — die lagena —, deren Gestalt BREUER mit derjenigen der glans penis vergleicht. Der histologische Bau der lagena erinnert an die übrigen maculae.

Blickt man auf das Ende der lagena eines transparenten Schädels in der Richtung ihrer Axe, so erscheint die Otolithenmembran als eine hufeisenförmige Linie (Fig. 165 *ot.lag.*). Giebt man einem solchen Präparat eine Stellung derart, dafs die macula utriculi die Gestalt einer Linie hat, und dreht es dann um die Horizontalaxe des Schädels um 110°—115°, so erscheint der Otolith der lagena derselben Seite als eine hufeisenförmige Linie. Demnach ist die Axe der lagena nach *innen unten* gerichtet und weicht von der Vertikalen um 20°—25° nach innen ab. Sie liegt ziemlich genau in der Ebene des frontalen Kanals, deren Verlängerung mit der Mittel-(Sagittal-)ebene des Schädels einen nach hinten offenen Winkel von 45° bildet. Folglich ist die lagena von *aufsen oben hinten* nach *innen unten vorn* gerichtet.

Fig. 166.

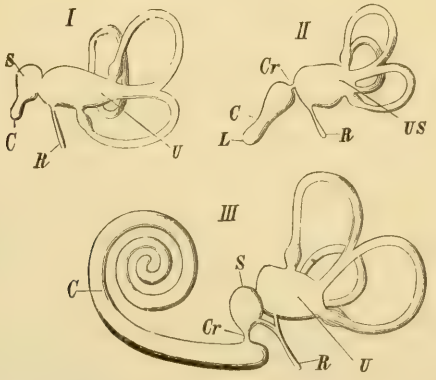


Fig. 166. *I.* Labyrinth der Fische, *II.* der Vögel, *III.* der Säugetiere. (Nach WALDEYER.)

U Utriculus mit den drei Bogengängen, *S* Sacculus, *US* Alveus communis, *C* Cochlea (Schnecke, lagena), *Cr* Canalis reuniens, *L* Lagena, *R* Aquaeductus vestibuli.

BREUER gelang es nicht, die isolierte Zerstörung des Otolithenapparats des utriculus und sacculus der Vögel ohne Affektion der Ampullen auszuführen; dagegen gelang es ihm die lagena zu exstirpieren In einigen Fällen wurde doppelseitige Entfernung der lagena von Tauben ohne irgend welche Resultate vorgenommen. Bei vorsichtigem Manipulieren stellen sich gewisse Störungen ein. In anderen Fällen wurde die Schnecke mit einem scharfen Messer an ihrer Ansatzstelle unterhalb der frontalen Ampulle unter vollständiger Extraktion der lagena weggeschnitten. Es ergab sich ein negatives Resultat.

Um die stufenweise Entwicklung des Labyrinths zu veranschaulichen, sind Fig. 166 die schematisierten Abbildungen der membranösen Labyrinthe der Fische, Vögel und Säugetiere nach WALDEYER angeführt.

Methoden der Freilegung der Bogengänge.

Operative Methode von **P. Flourens** (1824, 1828, 1842).*)

Versuche an Teilen des Mittelohrs.**)

Zunächst wurden die Haut, die Muskeln, die Bänder und kleine Knochenstücke in der Umgebung des Ohres und des Gehörganges entfernt. An dem so freigelegten Mittelohr nahm Fl. gewöhnlich doppelseitige symmetrische Verletzung einzelner Teile vor: Zerstörung der Trommelfelle, Durchschneidung der Columellen und Extraktion derselben aus den ovalen Fenstern.***)

Mit dem Fortschreiten der Operation nahm das Gehör immer mehr ab, es verschwand jedoch nicht vollständig. Eine besonders merkliche Herabsetzung des Gehörs wurde nach der Entfernung der Columellenplatte aus dem Fenster beobachtet.

Versuch: Der vordere Teil des Trommelfells wurde zerstört. Die columella blieb intakt. Hierauf wurde sie mit einer feinen Pincette gefafst und aus ihrer röhrenförmigen Vertiefung vorsichtig herausgezogen. Die Prüfung des Gehörs ergab eine merkliche Herabsetzung desselben. Wurde die Columella wieder an ihrer alten Stelle eingesetzt, so kehrte das Gehör bis zu einem gewissen Grade wieder.†)

---

*) Fl. selbst hat keine zusammenhängende Beschreibung aller von ihm angewandten Methoden gegeben, die er an verschiedenen Stellen seines Werkes erwähnt. Infolgedessen ist ihm aller Wahrscheinlichkeit nach der Vorwurf gemacht worden, dafs er nach einer ungenauen Methode operiert hätte. Verf. hat alle zerstreuten Daten zu einem Ganzen zusammenzufassen gesucht.

**) 1842. p. 439. § II. p. 440. V. p. 441. VII, VIII. p. 442. X, XI, XII, XIII. p. 439. Je mis à nu sur un pigeon, et sur les deux oreilles à la fois, toute la membrane du tympan, en enlevant successivement la peau, les muscles, les ligaments, et les petites portions d'os qui en recouvrent plus ou moins la circonférence.

Cela fait, je détruisis complètement cette membrane dans les deux oreilles. L'audition ne parut pas troublée.

***) p. 440. V. Sur un second pigeon, je détruisis les deux tympans: l'animal entendit.

J'enlevai, des deux cotés, la première portion de la chaine des osselets, c'est-à-dire la portion qui correspond au manche du marteau, ou même au marteau; l'animal entendit encore: j'enlevai l'étrier; l'animal entendit toujours. Mais ce qu'il importe de remarquer ici, l'audition, qui jusque là n'avait paru sensiblement affaiblie, le fut alors beaucoup.

†) p. 441. VIII. „Dans cette vue, je me bornai a détruire sur un pigeon la portion antérieure du tympan. Après quoi je saisis avec de petites pinces la tige de l'étrier: et j'enlevai doucement cet osselet du petit tube dans lequel il s'enfonce avant d'arriver jusqu'à la fenêtre ovale.

(C'est dans ce petit tube, seconde et plus interne portion de la caisse, que se trouvent, séparées par une mince cloison osseuse, les deux fenêtres *ronde* et *ovale:* la *fenêtre ronde*, entrée du limaçon dans la caisse, la *fenêtre ovale*, entrée du vestibule dans la caisse.)

Cela fait, j'examinai l'animal: son audition était très-affaiblie.

Versuch am runden und ovalen Fenster: Nach vorheriger Entfernung des Trommelfells und des operculum wurden mit der Spitze eines scharfen Pfriemens die dünnen Membranen, welche die Fenster überspannen, zerstört. Es trat eine merkliche Herabsetzung des Gehörs ein.

Zerstörung der Fenster des vestibulum, der Membranen beider Fenster, Entfernung des operculum hatten früher oder später völligen Verlust des Gehörs zur Folge.

Versuche am inneren Ohr.

Die Bogengänge werden von dem sie umgebenden spongiösen Knochen befreit (wie die Weichteile entfernt wurden, wird nicht gesagt). Hiernach kann der ganze Kanal mittels einer sehr feinen scharfen Schere vollständig durchtrennt werden. Noch genauere Resultate ergeben sich bei folgender Modifikation des operativen Verfahrens. Es wird nur die *knöcherne* Scheide des horizontalen oder des vertikalen (hinteren) Kanals *ohne Verletzung der inneren Teile entfernt.* Bei dieser Methode wurden Manègebewegungen überhaupt nicht wahrgenommen. Durch *Stiche* in die membranösen Partien rief man sofort eigentümliche Kopfbewegungen hervor, jedoch in weit schwächerem Mafse als bei völliger Durchschneidung. Das Tier kam schnell zur Ruhe. Durch einen abermaligen Einstich wurde ein abermaliges Schmerzgefühl und eine abermalige Kopfbewegung veranlafst.*)

L'étrier n'avait pas été détaché de la portion du tympan à laquelle il adhère; je le repris avec les petites pinces, je le replaçai dans le petit tube; j'examinai de nouveau l'animal: l'audition avait repris un peu de son énergie.

Je répétai cette expérience sur deux autres pigeons; le résultat fut le même.

Je passai à l'examen des deux orifices (fenêtres ronde de ovale), par lesquels le limaçon et le vestibule s'ouvrent sur la caisse du tympan.

Après avoir successivement enlevé sur un pigeon le tympan et les osselets, je détruisis avec la pointe d'un stylet aigu, la membrane fine et lisse qui ferme ces deux orifices. L'audition parut notablement affaiblie, mais elle persistait encore.

Arrivé ainsi au vestibule et au limaçon, ou au centre, de l'appareil auditif, en allant, d'avant en arrière, par le tympan, les osselets et les deux fenêtres, il s'agissait d'explorer à leur tour les parties situées du côté opposé à celui qu'occupent les précédentes, et de revenir au centre de l'appareil par un chemin contraire à celui déjà suivi, c'est-à-dire en allant d'arrière en avant, et par les canaux semi-circulaires."

p. 442. „Ces canaux n'étant enveloppés, dans les oiseaux, que par une simple cellulosité osseuse, il est fort aisé de les mettre à nu. Je les découvris donc bien exactement sur un pigeon, et je les coupai ensuite l'un après l'autre avec de petits ciseaux très fins."

*) p. 27. § III. 1. Jusqu'ici je m'étais borné à opérer tout d'un coup la section des canaux semi-circulaires. J'essayai de faire l'expérience d'une autre façon.

2. Sur un pigeon, *après avoir mis le canal horizontal* des deux côtés à nu, *j'ouvris le canal osseux des deux côtés, sans toucher aux parties internes de ce canal. Il ne survint aucun effet sensible.*

Je piquai alors, avec une aiguille, les parties contenues dans ce canal; l'animal témoigna aussitôt une vive douleur, et le mouvement horizontal de la tête parut; mais il était plus faible que dans le cas de la section complète du canal.

3. Je mis, sur un autre pigeon, le canal vertical inférieur des deux côtés à nu: j'ouvris ensuite le canal osseux des deux côtes, l'animal n'éprouva aucun effet je piquai les parties contenues dans le canal osseux: l'animal témoigna qu'il souffrait

Eine Verletzung der Kanäle ist mit einem Verlust des Gehörs nicht verbunden; letzteres war sogar krankhaft erhöht (audition douloureuse). Um aber den Teil des Labyrinths, der speziell die Gehörsempfindungen aufnimmt, genauer zu bestimmen, mufste man von oben durch eine besondere

---

et le mouvement vertical de la tête parut aussitôt, mais plus faible que dans le cas de la section complète du canal.

4. J'ai répété ces expériences sur plusieurs autres pigeons; j'ai toujours vu qu'on peut détruire impunément le canal osseux, même sur divers points. Au contraire, *des qu'on pique les parties contenues dans ce canal, l'animal donne des marques d'une grande sensibilité, et la tête commence à s'agiter.*

De plus, si, après avoir piqué ces parties, et avoir conséquemment produit par cette piqûre une certaine douleur et une certaine agitation de la tête, on attend que cette douleur et cette agitation so soient calmées, et qu'on renouvelle alors la piqûre, la douleur et l'agitation de la tête renaissent.

p. 443–445. „Il ne restait plus à examiner que le vestibule et le limaçon. Mais, pour bien apprécier le rôle propre de ces parties centrales de l'appareil, on sent combien il importait de pénétrer jusqu'à elles sans blesser aucune des parties voisines.

„Heureusement une petite ouverture communique de l'intérieur du vestibule à cette cellulosité osseuse dont j'ai déjà parlé, et qui enveloppe les canaux semi-circulaires. Quand on remue le manche du marteau par le tympan, on voit, à travers cette petite ouverture, la platine de l'étrier qui se meut; et, réciproquement, quand, par cette petite ouverture, on meut la platine de l'étrier, on voit le manche du marteau et le tympan se mouvoir.

„C'est de cette ouverte que j'ai profité pour pénétrer dans le vestibule.

„Sur un pigeon j'agrandis d'abord petit à petit cette ouverture, au moyen d'un stylet très-fin.

„La cavité intérieure du vestibule étant ainsi mise à nu, l'animal entendait encore.

„Je détruisis alors peu à peu, avec la pointe du stylet, l'expansion nerveuse qui, comme je l'ai déjà dit, se porte dans le vestibule et par le vestibule dans les canaux semi-circulaires: l'animal n'entendit plus que très-faiblement.

„Je poussai cette destruction jusqu'à l'expansion nerveuse du limaçon: l'animal n'entendit plus du tout.“ Dieser Versuch wurde viele Male und stets mit demselben Ergebnis wiederholt.

„Une remarque particulière, et que je ne dois pas omettre, c'est que la destruction des parois du vestibule, de la membrane des fenêtres ronde et ovale, de l'étrier, c'est que cette destruction, dis-je, bien qu'elle n'abolisse pas sur-le-champ l'audition, finit toujours, au bout d'un temps plus ou moins long, par la détruire. L'étrier est, de toutes ces parties, celle dont la perte entraîne le plus tard la perte de l'audition.“

p. 449. „En parlant tout-à-l'heure de la destruction de l'expansion nerveuse contenue dans le vestibule et le limaçon, j'ai omis de dire que l'animal paraissait à peu près insensible à cette destruction. Mais toutes les fois qu'on pousse le stylet jusque vers les orifices des canaux semicirculaires, les signes de douleur et les branlemens de tête qui caractérisent la lésion de ces canaux reparaissent.“

p. 450. „Je n'ai pu réussir à détruire l'expansion nerveuse du limaçon *sans toucher*, plus ou moins, *à celle du vestibule*: mais 1° l'ouïe n'est détruite que lorsque les deux expansions nerveuses du vestibule et du limaçon sont détruites; et 2° la destruction des nerfs des canaux semi-circulaires, c'est-à-dire des ramifications mêmes de l'expansion nerveuse du vestibule, ne détruit pas l'ouïe. L'expansion nerveuse du limaçon est donc le véritable nerf de l'ouïe.“

Öffnung, durch welche man auch die Verschiebungen der Columellaplatte, wenn letztere sich bewegte, beobachten konnte, in das knöcherne vestibulum vordringen.

Nach Erweiterung dieser Öffnung mittels eines spitzen Pfriemens wurde der ganze Inhalt des vestibulum freigelegt; infolge dieses Eingriffs verlor das Tier das Gehör nicht. Daraufhin zerstörte man mit demselben Instrumente allmählich das Nervengeflecht. Hiernach hörte das Tier noch, obwohl sehr schlecht. Unmittelbar nach der Vernichtung der Nervenverzweigungen in der Schnecke schwand das Gehör endgültig.

Es ist zu bemerken, dafs die Zerstörung von Teilen des vestibulum und der Schnecke mit Schmerz nicht verbunden war, der sich sofort durch charakteristische Bewegungen äufserte, sobald man den Pfriemen in der Richtung nach den Kanälen vorschob.

Vorsichtsmafsregeln, die beim Operieren zur Vermeidung von fehlerhaften Resultaten zu beobachten sind:

1. Vor allen Dingen sind die Kräfte des Tieres möglichst zu schonen, weil an einem erschöpften Tiere der Effekt der Durchschneidung schwächer hervortritt.

2. Bei der vollständigen Durchschneidung der Bogengänge ist eine Verletzung der kleinen Arterie, welche an der Aufsenseite derselben in die Höhe führt, unvermeidlich. Es kommt dabei zu einer starken Blutung, die sich längs der Knochenzellen schnell bis zum Kleinhirn, dem verlängerten Mark und den hinteren Occipitalhohlräumen ausdehnt. Zur Vermeidung dieser Komplikation wurde der horizontale Bogengang auf der der Arterie entgegengesetzten Seite geöffnet. Auch in diesem Falle wurden durch Stiche in den Innenraum des Kanals Bewegungsstörungen hervorgerufen.*)

3. Es mufs eine Verletzung des Kleinhirns vermieden werden; das Auftreten anormaler Bewegungen könnte wegen der Ähnlichkeit der Erscheinungen auf eine Beschädigung desselben zurückgeführt werden. Durch eine sorgfältig vorgenommene Obduktion wurde jedoch die Integrität dieses Organs bei den FLOURENSschen Versuchen konstatiert. Um mit noch gröfserer Genauigkeit die Unabhängigkeit der bei einer Verletzung der Kanäle beobachteten Erscheinungen von der Affektion des cerebellum oder irgend eines andern Gehirnteiles nachzuweisen, wurden beide Horizontalkanäle, als vom cerebellum am weitesten entfernt, auf die sorgfältigste Weise freigelegt und

---

*) p. 448. „J'avais constaté l'absence de toute lésion ou plutôt de toute blessure *directe* du cervelet; mais il restait une cause particulière de lésion à examiner encore.

„En rompant avec des ciseaux, comme je l'avais fait jusqu'ici, les canaux semi-circulaires, on rompt inévitablement la *petite artère* qui rampe sur leur côté externe; et cette rupture amène bientôt un épanchement du sang qui gagne rapidement le cervelet, la moelle allongée, et toute la cellulosité osseuse des parois postérieures du crâne. Il importait donc d'éviter la complication qui pouvait résulter de cet épanchement.

„A cet effet, les canaux semi-circulaires étant mis à nu sur un pigeon, j'ouvris l'un de ces canaux, l'horizontal, par le côté opposé à celui qu'occupe l'artère, et sans ouvrir l'artère pao consequént.

„Tout épanchement étant évité ainsi, je piquai les parties internes de ce canal; la douleur et l'agitation de la tête suivirent tout aussitôt, et de la même manière que dans les expériences précédentes; à cela prés, neanmoins, que l'agitation fut bien moindre dans ce cas que dans le cas de la rupture complète du canal.“

dann durchschnitten, wobei alle Bemühungen darauf gerichtet waren, einer Erschütterung des ganzen Schädels vorzubeugen. Trotz aller dieser Vorsichtsmafsregeln traten stürmische Schwingungen auf. Nach ihrem Aufhören konnten sie durch Stiche in die Kanäle stets wieder hervorgerufen werden.*)

Hiermit jedoch begnügte sich FLOURENS nicht: er suchte an verschiedenen Vogelarten und Kaninchen die Beziehungen des Kleinhirns zu den Bogengängen klarzulegen. Es stellte sich heraus, dafs ein kleiner lateraler Kleinhirnzipfel existiert, der bei den verschiedenen Vögeln ungleich stark entwickelt ist und zwischen den Bogengängen liegt. Ziemlich entwickelt ist er bei der Gans und der Ente, schwächer beim Huhn und Truthahn, und noch schwächer bei Tauben, Sperlingen etc.**) Bei den Kaninchen liegt das cerebellum so dicht dem oberen vertikalen Kanale an, dafs eine Durchschneidung desselben ohne gleichzeitige Verletzung des erwähnten Zipfels unmöglich ist.

---

*) p. 447. „La ressemblance frappante de cette dernière partie du phénomène avec les phénomènes qui suivent des lésions du cervelet pouvait faire croire à quelque lésion, sinon directe, du moins indirecte de cet organe. J'examinai donc le cervelet avec le plus grand soin; il parut dans un état d'intégrité parfaite.

„Pour établir, avec plus de précision encore, l'indépendance du phènoméne que je décris, de toute lésion, au moins directe, soit du cervelet, soit de toute autre partie de l'encéphale, j'eus recours aux précautions suivantes:

„Je mis bien exactement à nu les canaux semi-circulaires sur un pigeon; puis je coupai le canal horizontal des deux côtés.

„Je choisis ce canal pour sujet de mon expérience, parce qu'il est le plus éloigné de l'encéphale surtout du cervelet; et en le coupant je mis toute mon attention à éviter la moindre secousse qui eût pu se communiquer aux parois du crâne.

„Malgré ces précautions, la section des deux canaux fut suivie du branlement impétueux de la tête.

„Quand ce branlement s'arrêtait, on pouvait toujors le reproduire, soit en piquant avec la pointe d'une aiguille les parois internes des canaux, soit en excitant l'animal à se mouvoir."

**) A. BÖTTCHER 1872: „FLOURENS drang, soviel mir bekannt, von der Trommelhöhle aus ein, um die Kanäle zu trennen."

1874 p. 2. „Erstens fand ich, dafs die anatomischen Verhältnisse von meinen Vorgängern bei ihren operativen Eingriffen nicht so genau studiert worden waren, wie sie es verdienen und fordern." Diese Worte beziehen sich auf andere Autoren und nicht auf FLOURENS, der, wie wir gesehen haben, mit der Anatomie des Vogelohres gut vertraut war. Man kann folgenden Worten E. CYONs (1876) nur beipflichten:

l. c. p. 541. „Wie aus der von FLOURENs gelieferten Beschreibung der nach Durchtrennung der einzelnen Bogengänge auftretenden Erscheinungen ersichtlich, hat dieser Forscher nach einer sehr eleganten und vollkommenen Mehode experimentiert. Leider hat er es aber unterlassen, seine Operationsmethode näher anzugeben. Die später Operierenden haben gröfstenteils in so unvollkommener Weise experimentiert, dafs die von BÖTTCHER gemachten Einwände, man habe es bei diesen Experimenten mit Mitverletzungen oder Zerrungsfolgen benachbarter Hirnteile zu thun, *diesen* Experimenten gegenüber wirklich berechtigt sind. Wenn man die so zarten Bogengänge bei einer Taube mit einem Glüheisen zerstört, oder wenn man mit einem Meifsel in die betreffende Schädelgegend durch Muskeln und Knochen eindringt und unter heftiger Blutung die beiden Bogengänge gleichzeitig zerbricht, so haben die aus solchen Versuchen, wo die Tauben durch Blutung zufällig nicht zu Grunde gegangen sind, gezogenen Schlüsse wirklich wenig Anspruch auf Zutrauen."

Demnach sind von Flourens alle Hauptmomente einer streng wissenschaftlichen operativen Methode gekennzeichnet worden. Nur einige Einzelheiten von geringerem Belang für das vorliegende Experiment hat er unerwähnt gelassen, nämlich: 1) die Art und Weise der Durchschneidung der äufseren Tegumente und der darunter liegenden Muskeln, 2) hat er die Natur des Blutgefäfses, das sich an der Aufsenseite der Kanäle hinzieht, nicht näher bestimmt, und 3) hat er unter Bezug auf die vergleichende Anatomie von Cuvier keine Illustrationen geliefert.

Es ist ihm deshalb ganz unverdient von seiten einiger Autoren der Vorwurf gemacht worden, dafs er bei seinen Versuchen wichtige Vorsichtsmafsregeln unberücksichtigt gelassen hätte. Es ist verwunderlich, dafs von niemand alle Versuche Flourens' in derselben Anordnung, wie er sie ausführte, systematisch angestellt worden sind. So hat z. B. kein Autor seine Versuche am mittleren Ohr wiederholt oder auf dem Wege von oben nach dem Vorhof die Zerstörung des Labyrinths vorgenommen. Dagegen haben sich einige Autoren (Löwenberg, Goltz) ohne weiteres solcher Methoden bedient, vor denen Fl. selbst wegen des Mangels einer strengen Lokalisation gewarnt hat (Zerdrücken, Ausbrechen). Die Angriffe Schklarewskys, der alle Erscheinungen von Bewegungsstörungen auf eine Verletzung des Gehirns zurückführt, haben nach der Arbeit Böttchers (S. 581) jede Bedeutung verloren.

Wie wir gesehen haben, sind die Hauptmomente der Operation bereits von Flourens angegeben worden; Böttcher erläuterte einige anatomische Details genauer und entwickelte systematisch den ganzen Gang der Operation.

Methode **A. Böttchers** (1874) und (teilweise auch) **J. Blochs** (1873).

Der Vogel wird, mit Ausschlufs der Brust, in ein Tuch gewickelt. Dann wird das Tier in einen seiner Gröfse entsprechenden Behälter gesetzt, so dafs Kopf und oberer Teil des Rumpfes herausragen. Dann werden die Federn über und unter der Gehöröffnung, sowie hinter derselben bis zum occiput weggeschnitten. Nachdem der Schnabel durch den Assistenten fixiert worden ist, sucht man durch Tasten die linea semicircularis (nach Bloch die protuberantia occipitalis externa und den an der äufseren Öffnung vorbeigehenden Jochfortsatz, zwischen denen man in der Mitte die Haut durchschneidet) auf, an der die Hinterhauptsmuskeln inserieren, und führt im Abstande von 0,5 cm von der Gehöröffnung nach hinten einen 1,5 cm langen Schnitt. Dieser Schnitt legt uns eine kleine Erhöhung frei, die von feinen oberflächlichen Muskeln bedeckt ist; nach Entfernung dieser Muskeln kommen einige Nackenmuskeln zum Vorschein, welche man zum Teil von oben nach unten vom Knochen lostrennt. Die Blutung ist hierbei unbedeutend und hört bald auf. (Nach Bloch sieht man jetzt bereits die beiden sich durchkreuzenden Kanäle durch den Knochen hindurchschimmern.) Dann wird ungefähr 1 cm hinter der äufseren Öffnung mit einem scharfen flachen Messer eine Platte aus der blofsgelegten knöchernen Erhöhung weggeschnitten. Es zeigt sich nun spongiöser Knochen. Durch einen weiteren vorsichtigen Schnitt trennt man die obere Platte dort, wo sie noch mit Muskeln bedeckt ist, weiter nach unten ab. Hierauf bekommt man sofort die Kreuzungsstelle des horizontalen und des äufseren vertikalen Kanals zu Gesicht. Dieselbe liegt 1 cm weit vor der Mitte der äufseren Öffnung. Jetzt braucht man nur noch die noch an den Kanälen haftenden Knochenplatten und Querleisten vorsichtig zu entfernen, um das Kreuz gut

präpariert vor sich zu haben. Während des Operierens im Knochen fliefst auch nicht ein Tropfen Blut; erst die Durchschneidung eines Kanals kann die drohende Blutung eintreten lassen.

Verfährt man in der oben angegebenen Weise, so kann man stets die Kanäle ohne irgend welche Schwierigkeiten freilegen. Sie heben sich infolge ihrer weifsen Farbe und infolge des durch die Knochenmasse hindurchscheinenden dunkelroten Blutgefäfses von der Umgebung deutlich ab. Hat einmal eine stärkere Blutung stattgefunden, so sind sie schon schwerer aufzufinden.*) Im weiteren Verlauf der Operation wurden die freigelegten Kanäle entweder in toto durchtrennt, oder man verletzte nur die in ihnen befindlichen membranösen Partieen.

Bloch experimentierte an Habichten und an einer Ente. Bei diesen Raubvögeln wurde der Schnabel während der Operation zugebunden oder zwischen den Branchen einer anatomischen Pincette eingeklemmt. Bei Tauben ist, wie wir gesehen haben, die ganze Operation mit einer sehr unbedeutenden Blutung verbunden. Etwas ganz anderes sehen wir bei Habichten. Hier ist es ganz gleichgültig, ob eine Umstechung zur Verhütung einer Blutung stattfindet oder nicht; nach dem ersten Wegschneiden der Knochenplatte tritt eine aufserordentlich starke Blutung stets ein. Nach Stillung derselben durch Kompression mittels Schwammes sind die mit geronnenem Blut bedeckten Kanäle schwer aufzufinden. Eine saubere und vorsichtige Durchtrennung der membranösen Kanäle gelingt demnach nicht, und dieselben werden mehr oder weniger stark gezerrt. Habichte erliegen dieser Operation. Von den an der Ente erhaltenen Resultaten wird nichts berichtet.

Methode **E. Bertholds** (1874).

Zur Operation wurden folgende Instrumente angewandt: eine anatomische Schere und Pincette, eine Irispincette und eine Irisschere, Skalpell und Nadelschere. Die Stelle des Horizontalkanals ist leicht zu finden, wenn man sich eine vom Winkel der Schnabelspalte durch den tiefsten Punkt des äufseren Gehörgangs nach hinten verlängerte Tangente gezogen denkt. Man schlitzt mit der Schere die Haut über dem Kanal auf und durchtrennt, soweit dies möglich, die darunter liegenden Muskeln. Die Blutung ist gewöhnlich nicht sonderlich stark und wird mit einem Schwamm gestillt. Sollte sich dieses aber als unzulänglich erweisen, so kann eine Umstechung vorgenommen werden. Die durchschnittenen Muskeln werden mit dem Stiel des Skalpells nach oben und nach hinten geschoben. Bevor man zum Aufbrechen des Knochens schreitet, ist es notwendig, die Blutung völlig zu stillen. Zunächst wird mittels der Nadelschere ein kleines Stückchen über dem horizontalen Kanal ausgebrochen. Die so entstandene Öffnung wird durch Einführen einer Branche der anatomischen Schere erweitert, mittels welcher die Knochenmasse bis zur vollständigen Freilegung der Kanäle entfernt wird. Diese Freilegung verlief ganz unblutig. Eine Blutung trat nur im Falle einer Verletzung der Gefäfse auf der konkaven Seite der Kanäle ein. Nach der Freilegung wurde der horizontale Kanal

*) Die von Vulpian vorgeschlagene Krappfütterung der Tiere, infolge deren sich die Bogengänge rot färben und sich so deutlicher von ihrer Umgebung abheben sollen, ist unzweckmäfsig, da bei einer selbst geringen Verunreinigung des Operationsfeldes durch Blut es unmöglich sein dürfte, sie von dem benachbarten Gewebe zu unterscheiden.

vorn, der hintere vertikale (frontale) unterhalb der Durchkreuzung ohne jede Nebenverletzung mit der Schere durchschnitten.

Wenn Hühner längere Zeit mit zusammengebundenen Flügeln und Beinen auf dem Tische liegen, so fallen sie in einen hypnotischen Zustand, in welchem sie während der ganzen Operation verharren können.

Während dieser Zeit ist ihr Atem beschleunigt und keuchend; bisweilen nur bemerkt man Bewegungen der Augenlider; die Hühner erwachen plötzlich stürmisch aus diesem Zustande in dem Augenblick der Operation, wo sich ein heftiger Schmerz einstellt. Tauben werden leicht hypnotisch.

Eine Taube darf während der Operation nicht zu stark gedrückt werden, da hiernach begreiflicherweise leicht Erbrechen eintritt.

J. Breuers (1874) Operationsmethode des membranösen vestibulum mit den Bogengängen.

Die Entfernung des utriculus samt den Ampullen bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Man mufs durch die keilförmige Höhle hinter dem Ohre eindringen, in deren unterer Wand der horizontale, in deren oberer der sagittale Bogengang liegt, und in welcher man vorn die lagena und die fenestra rotunda sieht. Von dieser Höhle aus werden auch das knöcherne vestibulum und die Ampullen geöffnet; dann wird mittels einer Pincette der utriculus nebst einigen Kanälen entfernt. Im Falle des Mifslingens kratzt man aus, so dafs das vestibulum und die Bogengänge zerstört werden. Die in dieser Weise operierten Tiere sterben nicht sogleich, wenn man in tiefer Narkose operiert und sie in der ersten Zeit durch Einwickeln gegen Überkugeln und Drehbewegungen, die zu einer tödlichen Gehirnerschütterung führen, schützt.*)

Methode **J. Breuers** (1875).

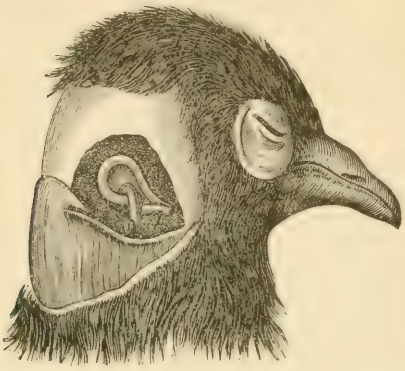
Ein Hautschnitt wird ziemlich weit nach vorn und unten in der Richtung zum Zungenbein geführt, und die aus dem Horn desselben heraustretende Arterie abgeklemmt oder unterbunden. Von dem Nackenmuskel, welcher sich an der die Bogengänge enthaltenden Knochenauftreibung inseriert, wird der vordere Teil etwa 2—3 mm, die Insertionen der übrigen Muskeln, die sich an der vorderen Seite der Auftreibung befinden, völlig mit der Schere abgelöst. Infolge der vorhergegangenen Unterbindung der Arterie ist die Blutung sehr beschränkt. Durch den dünnen Knochen sieht man nun den vorderen Schenkel des horizontalen und den unteren Schenkel des hinteren vertikalen (frontalen) Bogengangs durchschimmern. Unterhalb des ersten und vor dem zweiten wird mit einem spitzen breiten Messer eingestochen und die sie bedeckende Knochenlamelle breit ausgeschnitten. Man sieht dann die Ampulle des frontalen Kanals und den utriculus frei liegen.

---

*) „Schliefslich fand ich es nicht allzu schwierig von der keilförmigen Höhle hinter dem Ohre aus, in deren unterer Wand der horizontale, in deren oberer der sagittale Bogengang liegt und in welcher man vorn die lagena und, diese vom utriculus scheidend, die fenestra rotunda sieht, — das vestibulum und die knöchernen Ampullen zu öffnen und den utriculus samt einigen Bogengängen mit der Pincette herauszuziehen. Mifslingt dies, so kann man durch Auskratzen der Kanäle und des vestibulum den Bogengangapparat doch sicher genug zerstören.“

Darauf wird am besten zuerst der frontale Gang in der Nähe der Ampulle geöffnet und der membranöse Kanal mit der Ampulle mittels einer gebogenen Nadel herausgezogen; dies gelingt fast immer. Mit der Messerklinge sticht man dann eine viereckige Scheibe aus dem utriculus aus. Hierauf ist es nun leicht, mit einer feinen Pincette den membranösen utriculus samt den fest daran hängenden zwei anderen Ampullen und ihren Kanälen herauszuziehen.

Fig. 167.



Die Bogengänge sind etwas vergrößert eingetragen. Die schwarzen die Bogengänge begleitenden Linien sind Venensinus (nach BREUER).

Methode **Bornhardts** (19. April 1875).

„Ich wickelte die Taube in ein Tuch und hielt sie in der linken Hand, mit der ich auch den Kopf, den ich etwas nach unten neigte, fixierte. Darauf schnitt ich die Federn in der Occipitalregion mit einer flach gebogenen Schere kurz weg. Nachdem ich die protuberantia occipitalis lateralis durch Betasten gefunden hatte, schob ich die Haut an dieser Stelle nach vorn scheitelwärts, wo keine Weichteile liegen und wo folglich bei der Durchschneidung der Haut nicht viele Blutgefäße zu verletzen sind. Dieses ist für eine erfolgreiche Durchschneidung eines Bogenganges von Wichtigkeit. Wird die Haut vor der Durchschneidung nicht fortgeschoben, so verletzt das Messer fast stets einige Blutgefäße der Nackenmuskulatur; die hierbei eintretende Blutung hört nicht so bald auf, und das Blut infiltriert bisweilen die spongiösen Teile der Schädelknochen. Nachdem ich den Hautschnitt in der Länge von 1—2 cm in der Mittellinie ausgeführt und einige Minuten gewartet hatte, bis auf den Hauträndern sich keine Blutspuren mehr zeigten, führte ich ihn nach rechts und nach links weiter, je nachdem ich auf der einen oder auf der anderen Seite zu operieren hatte. Alsbald stößt man auf eine mehr oder weniger dicke Schicht von Nackenmuskeln, welche an ihrem Ansatze am Schädel von einer etwas konkaven Linie scharf begrenzt wird und sich demnach von der darüberliegenden, gänzlich muskelfreien Knochenoberfläche deutlich abhebt. In der Muskelschicht lassen sich zwei dicht nebeneinander liegende Muskeln unterscheiden; der breitere liegt der Mittellinie näher an, der dünnere ist mehr nach außen gelegen. Dicht *unter der Berührungsstelle* dieser beiden Muskeln, bedeckt von einer dünnen Knochenplatte, befindet sich der hintere vertikale Bogen-

gang. Ich trenne diese Muskeln an ihrer Berührungsstelle an der erwähnten konkaven Linie los. Es geschieht dies dicht am Knochen und zwar so, dafs das Periost allein abgelöst wird, die Muskeln aber unberührt bleiben, wodurch Blutungen vermieden werden. Am besten gelingt die Ablösung der Muskeln vom Knochen vermittelst einer kleinen stumpfen Schaufel (sic!)*) oder, noch besser, einer kleinen äufserst scharfen Schere, mit deren einen Spitze ich unter das Periost eindringe. Die Lostrennung der Muskeln geschieht in einer Breite und Länge von 2—3 mm. Ist nach diesem Schnitt keine Blutung eingetreten, so erscheint jetzt die unter den Muskeln gelegene durchsichtige Knochenplatte, durch welche der hintere vertikale und der horizontale Kanal zu Gesicht kommen, deren Richtung an den sie begleitenden Gefäfsen am besten beobachtet wird. Dann durchsteche ich mit einer Messerspitze oder einer Nadel die soeben erwähnte Platte und entferne von der Stichstelle an die Platte stückweise mit Hilfe einer kleinen Pincette. Sind auf diese Weise die Bogengänge freigelegt, so geschieht die Entfernung der sie bedeckenden Knochenplatte."

l. c. p. 91. „Die Entfernung des Steigbügels aus dem ovalen Fenstes geschah in folgender Weise: Nachdem die Federn rings am äufseren Gehörgange kurz abgeschoren sind, kommt sofort das Trommelfell zum Vorschein, welches bei Tauben ziemlich oberflächlich liegt. Mit einem scharfen, schmalen Messer wird der ganze obere Rand desselben von den Wänden des Gehörganges losgetrennt und durch die entstandene Öffnung ein Schaufelchen*) durchgeführt. Mit diesem Schaufelchen wird das Trommelfell möglichst von innen nach aufsen gezogen, wodurch die columella im unteren hinteren Teil der Paukenhöhle sichtbar wird. Fährt man mit der Spannung des Trommelfells fort und führt jetzt durch die Öffnung ein feines, aber festes Pincettchen, welches man nach hinten und unten richtet, so stöfst man alsbald an den Bügel an. Eine geringe Spannung nach aufsen genügt schon, um den Bügel von der fenestra ovalis abzutrennen, wonach er mit Leichtigkeit herausgezogen wird. Die ganze Operation verläuft in einigen Minuten und verursacht nicht das geringste Bluten. Der losgelöste Bügel hat die Gestalt eines kleinen Nagels, der aus einem ziemlich (ungefähr 2 mm) langen, elastischen Stift und einem vollkommen runden und flachen Kopf besteht."

Methode **Cyons** und **Soluchas** (1873, 1876).[341])

Der Schnitt durch die Weichteile wird mit geringen Modifikationen nach der Methode Bornhardts und unter Beobachtung der unerläfslichen Vorsichtsmafsregeln geführt.

Werden alle die angeführten Manipulationen sauber ausgeführt, so darf während der Operation nicht die geringste Blutung auftreten. Die aufserordentlich dünne, glasartige Knochenplatte, welche die knöchernen Hohlräume

*) Auch in Pflügers Archiv Bd. XII. 1876. p. 477 wird diese Benennung gebraucht. Soll wohl Rasparatorium heifsen!

[341]) E. Cyon. Methodik der physiologischen Experimente und Vivisektionen. Mit Atlas. 1876. September. Operationen an den Bogengängen p. 541—547. Giefsen und Petersburg. Ricker.

In der Arbeit Soluchas, die von Cyon in Pflügers Archiv veröffentlicht ist, wird die Methode nur mit einigen Worten besprochen.

Die Taube wird durch Einwickeln in ein Tuch immobilisiert. Mit einer krummen Schere werden die Federn am Hinterhaupt und um die Ohröffnung herum weggeschnitten. Die Haut fafst man zu einer Falte zusammen und schlitzt

verschliefst, enthält ein einziges Blutgefäfs, dessen Verletzung während der Entfernung der Knochenplatte vermieden werden mufs. Dieses Gefäfs verläuft bogenförmig, geht anfänglich unterhalb der Durchkreuzungsstelle dem hinteren vertikalen Bogengang parallel, wendet sich dann nach hinten oben und zieht sich endlich auf eine kurze Strecke etwas über dem hinteren Abschnitt des horizontalen Bogenganges hin (Abbildung). Deshalb mufs an dieser Stelle eine Verletzung des Deckknochens vermieden werden. Das Aufbrechen desselben geschieht am besten in dem *oben vorn* gelegenen Winkel des Kreuzes mittels einer feinen Pincette, deren eine Branche in den Knochen leicht hineingestofsen wird.

Mit demselben Instrument wird nach und nach auch der übrige Knochen in den angegebenen Grenzen entfernt. In den *beiden vorderen* Winkeln kann man diese Entfernung der Knochenzellen ohne Bedenken vornehmen, indem man dabei so tief eindringt, dafs die durch den *unteren vorderen* Winkel leicht zugängliche Ampulle freigelegt wird. Weit *vorsichtiger* mufs man bei der Freilegung der *hinteren* Winkel des Kreuzes verfahren. In dem *unteren hinteren* Winkel operiert man am besten überhaupt nicht, da hier eine Blutung schwer zu vermeiden ist. Am *oberen hinteren* Winkel braucht man nur eine einzige Vorsichtsmafsregel zu beobachten: man mufs nämlich eine Verletzung des am knöchernen Kanal anliegenden Blutgefäfses, das an der Kreuzungsstelle nach unten umbiegt und dann längs des hinteren Abschnittes des horizontalen Bogenganges verläuft, zu vermeiden suchen. Auch durch diesen Winkel kann man leicht zu den Ampullen gelangen.

Der innere vertikale Bogengang ist bei einiger Übung leicht zugänglich. Hier ist es viel leichter, eine Verletzung des an demselben liegenden Gefäfses zu vermeiden, als bei dem horizontalen Bogengang. Der innere Bogengang ist nicht *zu weit nach hinten*, sondern im Winkel *oben hinten neben der sichtbaren Umbiegungsstelle* des vertikalen Bogenganges zu suchen.

An den auf diese Weise freigelegten Bogengängen kann nun leicht eine Reihe von Versuchen mit grofser Reinheit angestellt werden.

---

sie am Occiput längs der Mittellinie auf, wobei man sich hüten mufs, die feinen Gefäfse zu verletzen, welche an der Vereinigungsstelle der beiderseitigen Occipitalmuskulaturen liegen. Dieses kann man auch dadurch vermeiden, dafs man die Haut auf einen muskelfreien Teil des Kopfes schiebt, eine Falte emporhebt und dann durchschneidet.

Die am Occiput inserierenden Muskeln sind sehr reich an Gefäfsen, deren Verletzung mit scharfen Instrumenten eine starke Blutung nach sich zieht. Besonders entwickelt sind die Gefäfse längs der Mittellinie und in dem kompakten Muskelgewebe selbst. Deshalb mufs man es sich zur Regel machen, sich bei der Operation der Mittellinie nicht zu nähern und die Muskeln nicht tiefer als 3–5 mm vom oberen Rande ihrer Insertionsstelle loszutrennen. Am besten bahnt man sich einen Weg zum Knochen auf der Grenze zwischen dem äufseren Rande des breiten Hinterhauptsmuskels und dem inneren des anderen schmalen Muskels, der zugleich mit dem ersteren inseriert. Diese Grenze wird durch einen weifslichen Streifen markiert. Indem man mit einer stumpfen Nadel beide Muskeln auseinandertrennt und den Rand des breiten Muskels *nach innen* wegzieht, legt man den Knochen frei, durch den das Kreuz hindurchschimmert. Will man denselben in noch gröfserer Ausdehnung freilegen, was bei der Eröffnung des inneren vertikalen Bogenganges erforderlich ist, so mufs man in diesem Falle den breiten Muskel auf eine Entfernung von 2 mm von der Insertionsstelle durch Abschaben oder mit einer Schere entfernen. Hierbei ist es unbedingt notwendig, das Periost ohne Verletzung der Muskelstränge zu fassen.

Topographische Anordnung der einzelnen Teile des Gehörorgans einiger Säugetiere sowie die an ihnen vorgenommenen Experimentalmethoden.

Bis jetzt ist am Ohre nur sehr weniger Säugetiere experimentiert worden, nämlich nur bei Kaninchen (Lepus cunniculus), Meerschweinchen (Cavia cobaya), Hunden (Canis familiaris) und Katzen (Felis domestica).

Die *ersten* derartigen Versuche wurden, soweit Verfasser bekannt ist, 1674 an lebenden Hunden von Willis angestellt, der die funktionelle Bedeutung des Trommelfells bei Tonempfindungen festzustellen suchte. Zu diesem Zwecke führte er in den *äufseren Gehörgang* ein Instrument ein, mit dem das Trommelfell zerstört wurde (die von Willis erhaltenen Resultate sind S. 29 angegeben worden). Meckel nahm 1777 zum ersten Male eine *methodische* Eröffnung des inneren Ohres an jungen Katzen vor, um das Vorhandensein einer intralabyrinthären Flüssigkeit beim lebenden Tiere zu beweisen; er drang gleichfalls durch den äufseren Gehörgang ein. Nicht lange darauf (1809) operierten Autenrieth und Kerner zur Klarstellung der Funktionen der Gehörknöchelchen in der Weise, dafs sie von der *bulla ossea* aus in die Paukenhöhle eindrangen.

Diese in allgemeinen Zügen skizzierten Methoden wurden in der Folge sehr sorgfältig ausgearbeitet, und nicht nur der Gang der Operation selbst beschrieben, sondern auch Angaben bezüglich der topographischen Anordnung der einzelnen Teile des Ohres und der dabei möglichen Irrtümer gegeben. Nichtsdestoweniger wird von den citierten zwei Versuchen in dem für seine Zeit (1825) vortrefflich angelegten Handbuche von Lund[342]) über Vivisektionen nichts berichtet; so gering war damals das Interesse für die Physiologie des Ohres.

Zu den einzelnen Teilen des Ohrlabyrinths gelangt man auf folgenden Wegen:

1. durch den äufseren Gehörgang (Willis, Meckel, Gellé u. a.),
2. vom Halse aus durch die bulla ossea (Heidenhain, Hensen, Bockendahl, Pollak u. a.),
3. von der hinter der Ohrmuschel gelegenen Region durch die bulla ossea oder den processus mastoideus (Autenrieth und Kerner u. a.),
4. von der über der Ohrmuschel gelegenen Region durch die Schädelknochen (Flourens und die überwiegende Mehrzahl der späteren Forscher),
5. von der vor der Ohrmuschel gelegenen Region durch eine Reihe von Hohlräumen (v. Stein),
6. vom foramen occipitale aus (Cyon, Bechterew u. a.).

---

[342]) Lund. Physiologische Resultate der Vivisektionen neuer Zeit. Kopenhagen. Gekrönte Preisschrift. 1825.

Nicht bei jedem Tier ist es in gleicher Weise möglich, auf irgend einem dieser Wege zum Labyrinth zu gelangen, da alles von der stärkeren oder schwächeren Verletzung der Weichteile, die im Operationsfeld angetroffen werden, und von der Gattung des Tieres abhängt. Es würde zu weit führen, wollten wir hier näher auf den Bau des Ohres der einzelnen Säugetiergruppen eingehen. Wir wollen uns hier nur auf diejenigen Daten beschränken, deren sich die verschiedenen Forscher bei ihren Versuchen an den oben genannten Tieren bedienten.

Die bei Katzen angewandten operativen Methoden.

Verfahren von **Meckel** (1777).

Meckel gelangte zum Labyrinth durch den äufseren Gehörgang und die Paukenhöhle. Der Gang der Operation wird, wie folgt, geschildert:

„Insigni tamen rei videndae desiderio flagrans, afferendos mihi curavi quinque feles, non multos post partum dies vegeta sanitate fruentes; in iisque, auxiliatrices mihi manus ferentium duorum amicorum in praesentia, institui experimentum, quod sequitur:

„Animalculo (felis) bene ligato, ipsiusque capitis uno latere mensae firmiter appresso, ab altero, mihi obverso, libero, retraxi integumenta communia cum abscissa auricula cartilaginea; copiose tunc ex vasorum abscissorum luminibus prodeuntem sanguinem, praesertim elocis ante tympanum, spongia excipiendum supra ipsamque detento indice reprimendum curavi; hujus profluvio sedato, nudatum tympani annulum anteriora versus reclinavi, ex aperta tympani cavitate tenacem mucum extraxi, ut auditus ossicula et cuncta in tympano distinctissime apparuerint; in nudam fenestram rotundam membrana sua totam clausam, scalpelli apicem immisi; vidimusque statim prodeuntem limpidam, paulo rubicundam aquulam; stapedem denique agitavi, prodiitque e facto vulnusculo humoris portiumcula. Num ergo in vivis labyrinthis vapor? Oculorum testimonium, quoties experimentum repetii, contrarium me docuit.“

Damit der Versuch vollkommen gelingt, ist es notwendig, die Blutung sorgfältig zu stillen: „omnisque experimenti eventus observatur facillime, si modo *duo momenta*, sanguinis nempe supressio, quae spongia vel agarico obtinetur, et muci, qui tympani cavum obsidet, tenacis abstersio non negliguntur . . . licet omnino non parvam sanguinis jacturam fecerit.“

Verfahren von **A. Tomaszewicz** (1877).

Dicht am vorderen Rande des äufseren knöchernen Gehörganges wurde ein Hautschnitt gemacht. Darauf wurde der Knorpel am Knochenrande durchtrennt, die Paukenhöhle eröffnet und die Gehörknöchelchen samt der Schleimhaut entfernt. Hiernach wurden von der hinteren Wand der Paukenhöhle aus Vorhof und Schnecke mit einer stumpfen feinen Sonde zerstört. Eine bedeutende Blutung läfst sich kaum vermeiden.

Die soeben angeführte operative Methode kann, da sie von einem starken Trauma begleitet ist, als rationell zur Entscheidung solch subtiler die physiologische Akustik betreffender Fragen nicht bezeichnet werden.

Die bei Kaninchen angewandten operativen Methoden.

Verfahren von **Autenrieth** und **Kerner** (1802).

A. und K. drangen durch die bulla ossea in die Paukenhöhle ein. Um die Rolle der Gehörknöchelchen bei der Fortpflanzung der Trommelfellschwingungen genauer zu bestimmen, bahnten sie sich an einem Kaninchen vom Halse aus einen Weg nach der Ohrhöhle, nachdem sie den Knochen hinter dem Trommelfell aufgemeifselt hatten, und durchtrennten dann die Reihe der Gehörknöchelchen. In mechanischer Hinsicht gelang der Versuch vollkommen, wenn auch das Tier nach zwei Tagen an der Halswunde starb.

Operative Methode von **Flourens** (1824—28—42).

Flourens hat eine ausführliche Beschreibung des operativen Verfahrens an Säugetieren nicht hinterlassen. Am geeignetsten erwiesen sich junge, 1, $1^1/_2$ bis 2 Monate alte Kaninchen. Vor anderen Tieren (Katzen, Hunden) haben dieselben folgende Vorzüge: 1) beginnen sie, wie alle Nager, unmittelbar nach der Geburt selbständig zu gehen, zu laufen und zu springen, 2) erreicht in dem genannten frühen Alter der Prozefs der Verknöcherung des Felsenbeins keine bedeutenden Dimensionen und 3) endlich ist wegen der geringen Entwickelung der Sinus auf eine starke Blutung nicht zu rechnen. Bei anderen Tieren verknöchert das Felsenbein ziemlich rasch; auch führen ihre Jungen nur schwache Bewegungen aus.

Auch hier müssen wie bei den Operationen an Tauben blutreiche Regionen vermieden werden, da durch das ausfliefsende Blut die Nachbarorgane komprimiert werden und hierdurch das Leben des Tieres erheblich verkürzt wird.

Die Durchschneidung des äufseren vertikalen und des horizontalen Bogenganges, die sich nicht durchkreuzen, wie es bei den Vögeln der Fall ist, gelang ohne alle Komplikationen; dagegen war die Durchtrennung des inneren vertikalen Bogenganges bei ausgewachsenen Kaninchen mit einer Verletzung des Kleinhirns verbunden, da sich bei diesen ein Gehirnlappen bis unter diesen Bogengang erstreckt. Je jünger (12—15 Tage) das Tier ist, desto leichter wird wegen der gröfseren Entfernung zwischen dem erwähnten Lappen und den Bogengängen eine Verletzung des Kleinhirns vermieden.*)

*) p. 477. „Mais dans les lapins, animaux qui jusqu'ici s'étaient si bien prêtés à mes expériences, le cervelet offre, sur le côté de chaque hémisphère, un petit lobe qui passe sous le canal vertical antérieur (c'est le supérieur ou interne des oiseaux). Le point par lequel ce petit lobule adhère à l'hémisphère se rétrécit en un pédicule pour se laisser ceindre par le canal, lequel embrasse ce pédicule comme l'embrasserait un anneau: sorti de cet anneau, le lobule du cervelet s'épanouit et se développe, en sorte que le canal se trouve ainsi comme caché dans un profond sillon entre l'hémisphère, d'une part, et l'épanouissement du lobule, de l'autre. Il m'a été tout-à-fait impossible, quelques précautions que j'aie prises, de couper ce canal sans blesser plus ou moins ce lobule (ou le point de l'hémisphère du cervelet auquel ce lobule adhère), et sans compliquer plus ou moins, dès lors, les effets propres de l'une de ces parties des effets de l'autre."

(Le lobule latéral du cervelet se trouve dans tous les rongeurs, le rat, la souris, le lérot etc., il est à peine marqué dans les carnassiers, le chat, le chien etc.)

Verfahren **Bornhardts** (1875).

Durchschneidung der Bogengänge an einem Kaninchen.

„Der Rumpf und die Extremitäten eines *jungen* Kaninchens werden in ein Handtuch eingewickelt; der Kopf wird seitwärts gewendet, damit die Halsgegend der zu operierenden Seite etwas ausgebogen erscheine. Es wird sodann der Unterkieferwinkel und das Ende des knöchernen Gehörgangs aufgesucht und die das letztere bedeckenden Haare kurz abgeschoren.

Es wird ein Hautschnitt bis zum Unterhautzellgewebe gemacht und zwar längs dem hinteren Rande des vertikalen Zweiges des Unterkiefers, ein Centimeter oberhalb des knöchernen Gehörgangs beginnend nnd ebenfalls ein Centimeter unter denselben hinabziehend. Beim vorsichtigen Operieren wird jede Blutung bis auf ein paar Tropfen vermieden. Das Unterhautzellgewebe wird vermittelst Pincetten zerrissen, der Grund der Wunde wird vom etwaigen Fette befreit, und darauf erscheint ein Muskel, dessen Fasern parallel dem Horizontalzweige des Unterkiefers gehen und die äufsere Fläche des Schläfenbeins bedecken. Am vorderen Rande der Wunde, demselben parallel, hinter dem Gehörgange, liegt ein ziemlich bedeutender Arterienzweig, dessen Verletzung vermieden werden mufs. Im oberen Winkel der Wunde von vorn und oben läuft ein dicker Nervenstamm nach unten hin. Es ist bis jetzt noch kein Tropfen Blut vergossen worden. Der das Schläfenbein bedeckende Muskel wird in der Richtung des Hautschnittes bis auf den Knochen durchschnitten. Die Fläche des Schläfenbeins hat in dieser Gegend die Form eines Dreiecks, dessen Spitze nach unten gerichtet ist und dessen vorderer Winkel am knöchernen Gehörgang liegt; hinten ist der Winkel durch die Verbindung der Schläfen mit dem Hinterbein gebildet. Man orientiert sich nun durch Abtasten des unteren Randes der äufseren Öffnung des knöchernen Gehörgangs, um die Richtung des horizontalen Bogengangs zu bestimmen, indem letzterer in derselben Höhe mit dem soeben bezeichneten Rande des Gehörgangs liegt. Die höchst zarte Knochenplatte, aus der das oben erwähnte Dreieck besteht, wird vorsichtig entweder mit einem Messer durchschnitten oder vermittelst einer Pincette stückweise abgebrochen. Nachdem auf diese Weise die dura mater freigelegt ist, geht man mit der flachen Seite eines scharfen Messers längs der unteren Wand der geöffneten Höhle bis zum horizontalen Kanal hinein. Derselbe erscheint in Form eines Wulstes, sehr scharf an der Fläche der unteren Höhlenwand hervorragend. Nun wird die Messerklinge nach unten dem Kanal zugekehrt und durch Andrücken der Kanal durchschnitten.“

„Zum Zwecke der Durchschneidung des *hinteren vertikalen* Bogenganges wird das Messer in ähnlicher Weise längs der unteren Wand der eröffneten Schädelhöhle bis zu der Stelle geführt, wo sich der Horizontalkanal befindet. Dabei mufs es so gehalten werden, dafs seine Axe mit der Längsaxe des Kopfes des Tieres einen Winkel von 45° bildet und seine Schneide nach

---

p. 478. „A mesure qu'on remonte d'âge en âge vers l'époque de la naissance, le cervelet et le lobule du cervelet, moins développés, dépassent de moins en moins le canal, et s'opposent ainsi, de moins en moins, à ce qu'on l'atteigne.

„Après plusieurs essais, je suis parvenu, sur des lapins de 12 à 15 jours à peu près, à couper quelquefois le canal vertical antérieur sans blesser le cervelet; mais, à cet âge même, je n'ai pu, la plupart du temps, le couper sans blesser plus ou moins cet organe.“ In meinen Fällen wurde stets eine Bewegung von unten nach oben, mit dem Bestreben umgekehrt, nach vorn überzukippen, beobachtet.

hinten gerichtet ist. Wird das Messer, so gehalten, in der Richtung der Queraxe des Kopfes nach innen vorgeschoben, so stöfst die Schneide alsbald auf den hinteren vertikalen Kanal, und auf schwaches Andrücken wird derselbe durchtrennt.“ (Wie aber wurde der sagittale Kanal durchschnitten? Ref.)*)

Der beschriebenen Methode bediente sich CYON bei seinen Versuchen an Kaninchen. Er erklärt (1878), dafs ein unerfahrener Operateur den flocculus ganz ruhig entfernen könne, ohne irgend welche Komplikationen im Resultat befürchten zu müssen. Diese Entfernung erleichtert das weitere Operieren an den Bogengängen beträchtlich; zudem werden weder Gang- noch Gleichgewichtsstörungen wahrgenommen. Die Störungen, welche HITZIG beobachtete, als er in die Höhle Eis hineinbrachte, hatten in der Affektion der Bogengänge und nicht in der Wirkung der Kälte auf den flocculus ihre Ursache.

Extraktion des Labyrinths von Kaninchen vom äufsern Gehörgange aus nach **Tomaszewicz**.

Wie ihr Operationsverfahren an der Katze (siehe S. 597).

Verfahren bei der Freilegung des membranösen vestibulum von der fossa mastoidea aus nach **A. Högyes** (1881).

Wenn wir an einem lebenden Kaninchen die fossa mastoidea hinter dem Ohre eröffnen, so können wir vorsichtig den flocculus in die Schädelhöhle schieben, ohne dafs irgend welche Bewegungsstörungen auftreten. Die Basis der fossa mastoidea bildet gewissermafsen den Verschlufs der Paukenhöhle. Durchbohren wir diese Basis längs ihrer medialen Kante, so stofsen wir auf das vestibulum des Labyrinths, was wir am Ausfliefsen der Perilymphe erkennen.

Die richtigen Bemerkungen BAGINSKYS (1885) über die bei diesem operativen Verfahren möglichen Verletzungen der Nachbarorgane sind S. 346 citiert worden. Reine Versuche an den Bogengängen des Kaninchens sind wegen ihrer ungünstigen anatomischen Anordnung unmöglich. Die Durchschneidung der Bogengänge führte B. mit einem scharfen Messer und mit einer Scheere aus. Im ersten Falle verlief die Operation völlig unblutig. Bei Anwendung einer Scheere wurde eine mehr oder weniger starke Blutung beobachtet.

Die bei Hunden angewandten operativen Methoden.

An der Paukenhöhle von Hunden stellte zum erstenmal POLITZER (1861) [343]) Versuche an, um den Einflufs der Kontraktion der zwei kleinen Ohrmuskeln auf den intralabyrinthären Druck zu untersuchen. Genauere Anweisungen über die Eröffnung der Paukenhöhle gab uns (1878) HEIDENHAIN in seiner Arbeit über die sekretorischen und trophischen Nerven der Speicheldrüsen. Alle, welche an der Paukenhöhle des Hundes

*) Bei CYON sind diesem Verfahren nur einige Zeilen gewidmet:

p. 546. 1876. „Der gröfsere Vertikalkanal ist, wenn überhaupt, so doch nur sehr schwer ohne Verletzung des Hirns zu durchtrennen.“

[343]) A. POLITZER. Beiträge zur Physiologie des Gehörorgans. Vorläufige

später operierten, haben sich mit geringen Modifikationen seines operativen Verfahrens bedient.

Eröffnung der bulla nach **Heidenhain** (1878).[344])

p. 16. „Die Aufmeifselung der Paukenhöhle ist ohne besondere Schwierigkeit ausführbar, wenn man an der Innenseite des hinteren Endes des musculus biventer in die Tiefe geht. Schon nach Trennung der Haut kann man, wenn man sich zuvor an einem Hundeschädel orientiert hat, mit dem Zeigefinger die an der bezeichneten Stelle liegenden Weichteile in die Tiefe drückend, die bulla ossea der Pauke deutlich heraustasten. Man trennt das zwischen dem biventer und seinen innern Nachbarn liegende Bindegewebe, läfst mittels zweier starker und breiter Haken jenen nach aufsen, diese nach innen auseinander ziehen und gelangt so, langsam mit zwei Pincetten das Bindegewebe durchreifsend, ohne einen Blutstropfen zu der bulla. Nach Entfernung des Periostes wird die nach vorn und aufsen (ich denke mir das Tier auf dem Rücken liegend) sehende breite Fläche derselben mittels eines kleinen Trepans angebohrt und die Öffnung je nach Bedürfnis mit der Knochenzange erweitert, bis man das Promontorium und den locker auf demselben liegenden, ziemlich schmächtigen nervus Jacobsonii zu Gesicht bekommt. Nach Trennung desselben hört jede Reflexwirkung auf die parotis auf."

Eröffnung der bulla nach **Hensen** (1878)[345]) und **Bockendahl** (1880).[346])

Hensen führte behufs Ergründung der Thätigkeit des musc. tens. tymp. die Eröffnung der Trommelhöhle in derselben Weise aus wie Heidenhain,

---

Mitteilung. Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. XLIII. 1861. 14. März. p. 427—438.

I. Über die Innervation der Binnenmuskeln des mittleren Ohres — des musc. tensor tympani und des musc. stapedius.

II. Über den Einflufs des musculus tensor tympani auf die Druckverhältnisse des Labyrinth-Inhaltes.

III. Untersuchungen über die Luftbewegung durch die Eustachische Ohrtrompete und die Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle.

IV. Über den Einflufs der Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle auf die Druckverhältnisse des Labyrinthinhalts.

Nach Politzer ist der musculus tensor tympani 4—6 mm lang und an seiner breitesten Stelle 3—4 mm dick. Dieser Muskel ist zum gröfsten Teil vom knöchernen Kanal bedeckt; infolgedessen tritt eine Wassersverdampfung nicht ein, und der Muskel behält seine Erregbarkeit noch 10 bis 20 Minuten nach dem Tode des Tieres.

Der musculus stapedius ist 1½ mm lang und breit und liegt im canalis Fallopii an der Scheide des nervus facialis. Nach einigen Kontraktionen stirbt er gewöhnlich ab.

Detaillierte anatomische Angaben über den Hund sind in dem Werke von Ellenberger und Baum „Systematische und topographische Anatomie des Hundes, 1891" enthalten.

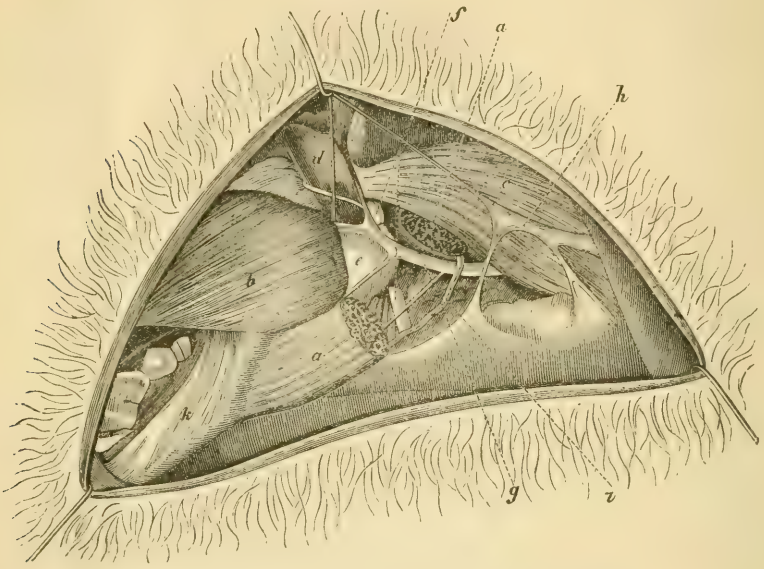
[344]) R. Heidenhain. Über sekretorische und trophische Drüsennerven. Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie. Bd. XVII. p. 16. 1878.

[345]) V. Hensen. Beobachtungen über die Thätigkeit des Trommelfellspanners bei Hund und Katze. Du Bois-Reymonds Archiv f. Physiologie. 1878.

[346]) A. Bockendahl. Über die Bewegungen des musc. tensor tympani nach Beobachtungen am Hunde. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. 16. p. 240—259. Den 10. Dez. 1880.

nur mit dem Unterschiede, daſs er alle Blutgefäſse, die er unterwegs antraf, unterband und die Hunde leicht curarisierte (0,004 — 0,005 Curare). Sein Schüler BOCKENDAHL beschrieb alle Einzelheiten der Operation noch genauer und illustrierte den Gang derselben durch eine Reihe von Abbildungen.

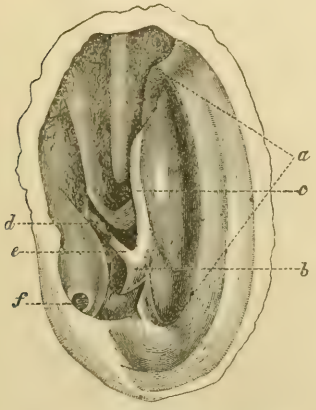
Fig. 168.



Ansicht des Operationsfeldes (nach BOCKENDAHL).

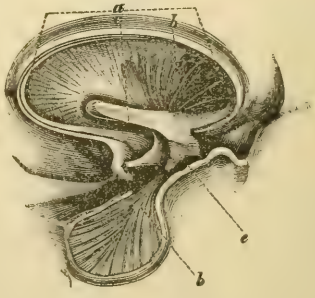
a Musculus digastricus, *b* M. masseter, *c* M. sterno-cleido-mastoideus, *d* Häutiger Gehörgang, *e* Bulla ossea, *f* Cornu minus ossis subhyoidei, *g* Arteria maxillaris externa, *h* Vena jugularis externa, *i* Nervus hypoglossus, *k* Maxilla inferior.

Fig. 169.



Ansicht nach Eröffnung der Bulla ossea (nach BOCKENDAHL).

Fig. 170.



Ansicht des Trommelfells und des Muscul. tens. tymp., ohne seine Knochenscheide von der Innenseite (nach BOCKENDAHL).

Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 169.

a Membrana tympani, *b* Corpus mallei, *c* Manubrium mallei, *d* Musculus tensor tympani, *e* Processus muscularis mallei, *f* Foramen rotundum.

„Nach erfolgter Curarisierung und eingeleiteter künstlicher Atmung trennte ich die Haut durch einen parallel dem Unterkiefer verlaufenden Schnitt, gleich weit entfernt von zwei leicht durchzufühlenden festen Punkten, dem Winkel des Unterkiefers und dem proc. transv. des ersten Halswirbels. Nach sorgfältiger Unterbindung der vena jugularis externa (Fig. 168 *h*) resp. der hier aus dieser hervorgehenden vena facialis, sowie sämtlicher gröfseren und kleineren Äste — teils Haut-, teils tiefe Venen — wurden die glandul. submaxillares und einige kleinere Lymphdrüsen exstirpiert mit sorgfältiger Unterbindung der sie versorgenden Gefäfse. Jetzt liegt der vordere Bauch des m. digastricus (Fig. 168 *a*) frei vor, welcher unter sorgfältiger Schonung der unmittelbar unter ihm verlaufenden, seinem Faserlauf in mehr weniger spitzem Winkel kreuzenden art. maxillar extern. (Fig. 168 *g*) möglichst nahe dem Kiefer mit einem starken Faden abgebunden wurde. Dies geschieht am besten ebenso nahe am proc. styloideus, um dann das zwischen den Fäden liegende Stück zu excidieren; wenn man es nicht vorzieht, wie dies in einigen Fällen geschah, den Muskel unmittelbar an seinem kurzen sehnigen Ende am proc. styloid. zu durchschneiden. Hierbei trat indes einmal eine störende Blutung aus dem kurzen Stumpf auf. Nach folgender Unterbindung der zwischen m. digastricus und bulla ossea verlaufenden art. maxill. extern. (in einzelnen Fällen auch des Stammes der carotis) und einiger aus der carotis stammender Muskelarterien hat man nur den die bulla bedeckenden, zum proc. styloideus verlaufenden Teil des kleinen Hornes des Zungenbeins (Fig. 168 *f*) mit einfacher Trennung der an denselben sich inserierenden Muskeln zu resecieren, um das die bulla bedeckende Periost frei vor sich liegen zu sehen. Nach sorgfältiger Entfernung desselben mittels des Raspatorium, wobei nicht unbedeutende Blutungen periostaler Gefäfse und einer Vene im vorderen Umkreise der bulla eintreten können, wird die Paukenhöhle mit dem Trepan eröffnet und das Loch des Trepans mit der Knochenzange erweitert. War die Unterbindung sorgfältig und ergibig, so gelingt es stundanlang im cavum tympani zu operieren, ohne das Blut von aufsen hineinfliefst. Aus den Wänden der Paukenhöhle selbst wurde, abgesehen von einigen Fällen von Katarrh des Mittelohres, Blutung nicht beobachtet. Meist liegt jetzt das cavum tympani frei und übersichtlich vor (Fig. 169), wenn nicht, was allerdings verhältnismäfsig oft der Fall war und sich der Beobachtung und Einführung von Apparaten sehr hinderlich erwies, die individuell sehr schwankende Neigung des Trommelfells allzu grofs war. In diesen Fällen gelang es auch nach Abtragung eines Teiles des knöchernen Trommelfellringes nicht, für die Bewegungen der in den Muskelbauch resp. dessen Sehne eingeführten Nadel und sonstigen Apparate den nötigen Spielraum zu gewinnen. Die Nadel stiefs gegen den knöchernen Rand an und wurde in ihren Exkursionen gehemmt. Im Übrigen sind die Verhältnisse der Muskeln und ihrer räumlichen Beziehungen zum cavum tympani der Beobachtung günstig, da seine Sehne sich an einen besonderen Knochenfortsatz des Hammers inseriert (Fig. 169 *a* und Fig. 170 *e*), ohne etwa wie beim Menschen in das Trommelfell selbst auszustrahlen. Ein erheblicher, wenn auch individuell schwankender Teil des Muskelbauches (Fig. 169 *d*) liegt frei in der Paukenhöhle. Die Hauptmasse seiner Fasern liegt in einem knöchernen Halbkanal, mit dessen periostaler Auskleidung der Muskel durch wenig straffes, lockeres Bindegewebe nur lose verbunden ist. Dasselbe läfst sich von den Enden der einzelnen Muskelfasern eine Strecke weit verfolgen als lockere, gewellte, ziemlich parallel verlaufende Fasern, die sich dann in einem sehr engen Netz in allen Richtungen sich kreuzender feiner Fasern verlieren.“

Pollak (1886)[347]) ergänzte das vorstehende operative Verfahren durch folgende Details:

---

[347]) Josef Pollak. Über die Funktion des musculus tensor tympani. Medizinische Jahrbücher. Neue Folge. p. 555—582. Am 14. August 1886.

1. „Übungen am Tierkadaver lehrten mich, dafs sich zu den vivisektorischen Experimenten behufs Ermittlung der Funktion des musc. tensor tymp. junge, drei Monate bis ein Jahr alte Hunde einer grofsen Rasse mit langgestrecktem Schädel am besten eignen. Hunde mit kurzem Schädel und stark entwickelten Masseteren erschweren wegen der Tiefe des Operationsfeldes die Einführung der als Fühlhebel dienenden Nadel und behindern diese in ihren Exkursionen. Alte Tiere haben sehr reich entwickelte Venen und zumeist brüchige, leicht zerreifsliche Arterien. Trotz der vielfachen, zeitraubenden Unterbindungen machen sich bei solchen Hunden, insbesondere am Periosteder bulla ossea, capilläre Blutungen in höchst unangenehmer und störender Weise geltend. Nachdem das Versuchstier durch eine Morphiuminjektion in die vena jugularis narkotisiert war, wurde auch der Kopf desselben mittels des Fixationsapparates fixiert."

Darauf wurden die Weichteile nach HENSEN und BOCKENDAHL durchschnitten.

2. Nach Unterbindung der arteria carotis communis wurde der musc. digastricus an seiner Insertionsstelle losgetrennt und zur Seite geschoben und dann die unter demselben sich hinziehende art. maxillaris ebenfalls unterbunden; die kleinen Hörner des Zungenbeins wurden mit einer Zange entfernt. Der weitere Gang der Operation wie bei HENSEN und BOCKENDAHL.

3. In die Sehne des musc. tensor. tymp. wurde eine 10 cm lange und ca. 10 Centigramm schwere Nadel aus Aluminium eingeführt. Erst bei einer solchen Länge der Nadel waren die Bewegungen derselben für das Auge gut wahrnehmbar.

Entfernung des membranösen Labyrinths am Hund nach **Ewald** (1892).

E. entfernte doppelseitig das ganze Labyrinth am Hund und empfiehlt die beiderseitige Entfernung des Labyrinths einzeitig auszuführen, wenn man die Störungen ganz rein beobachten will. Sicherer ist die zweizeitige Operation, da die Herausnahme des Labyrinths viel Zeit in Anspruch nimmt und eine grofse Wunde hinterläfst.

Operationsmethode:

a) Um das Labyrinth auszuschalten, kann man den octavus innerhalb der Schädelkapsel dicht vor seinem Eintritt in den meatus acusticus internus durchschneiden. Diese Methode ist aber unsicher, man tappt beim Operieren im Dunkeln; unvermeidlich ist die Verletzung des Gehirns; man ist nie sicher, ob in der That alle Fasern des octavus getrennt worden sind. „Es gehört SCHIFFS Ausdauer und Geschicklichkeit dazu, um mit dieser Methode so gute Resultate erzielen zu können."

Das Verfahren ist folgendermafsen:

„Man geht durch ein Trepanloch des Schädels mit einem Pfriemen ein, der sich vorn zu einem ganz kurzen Messerchen abflacht, ähnlich wie das Stichmesser (EWALDS). Man durchbohrt also die Gehirnsubstanz, und wenn man mit der Spitze des Messerchens an die Öffnung des innern Gehörgangs gelangt ist, so durchschneidet man den octavus mittels hebelnder Bewegungen des Instruments."

b) Dagegen ist die Operation von aufsen her, bei der das Labyrinth herausgenommen wird, leicht, sicher und ohne Nebenverletzungen ausführbar:

Narkose in der Bauchlage. Spaltung der Ohrmuschel und des knorpeligen Gehörgangs mit der Schere von hinten bis zum knöchernen Gehörgang. (Vorsicht, um die parotis nicht zu verletzen!) Verlängerung des Hautschnitts nach unten. Nun bohrt man sich mit dem Finger oder einem stumpfen Instrument einen Weg, bis man zur leicht durchzufühlenden rund-

lichen bulla ossea gelangt. Bleibt man dicht am Knochen, so bleibt die vena jugularis und die art. carot. ext. unberührt aufsen liegen. Um zum Knochen zu gelangen, mufs der m. digastricus an seinem Ursprung mit dem Messer durchschnitten werden. Mit einer kleinen Knochenzange wird nun auch der knöcherne Gehörgang ganz aufgebrochen und die ganze äufsere untere Wand der bulla ossea abgetragen. Hierbei werden Trommelfell und Gehörknöchelchen gewöhnlich mit herausgerissen. Blutung gering, kann durch kaltes Wasser gestillt werden.

Der Kopf des Tieres wird in eine solche Lage gebracht, dafs das eröffnete Ohr gerade nach oben steht und man bequem in die Paukenhöhle hineinsehen kann. Hierzu ist eine Beleuchtungsvorrichtung (Reflexspiegel etc.) unentbehrlich. Man sieht sofort die fenestra rotunda, von der aus ein sich nach vorn verjüngender Wulst verläuft. Der Inhalt dieses Wulstes ist die Schnecke. Ein wenig nach oben und vorn von der fenestra rotunda und unmittelbar anstofsend an den Schneckenwulst erblickt man die fenestra ovalis. Entfernung des Steigbügels mit der Pincette, wenn er überhaupt noch vorhanden ist. Abbrechen der den musc. tensor. tympani bedeckenden Knochenlamelle; der Muskel wird aus seiner Höhlung herausgerissen. Daraufhin Ausräumung der Schnecke: Fortbrechen der Decke des erwähnten Wulstes nach vorn von der fenestra rotunda. Bei grofsen Hunden ist die Wand zwischen erster und zweiter Windung so dick, dafs sie einen starken Widerstand bietet, und man sich hierdurch leicht verleiten lassen kann, dieselbe für das Ende der Schnecke zu halten. Darum ist es empfehlenswert, erst die Spitze der Schnecke auszuräumen, bevor man weiter nach vorn dringt, weil man hier die Decke des Wulstes leicht abtragen kann.

„An der Basis des leeren Schneckengehäuses, fast genau unter der Stelle, wo sich die fenestra rotunda befand, gewahrt man sofort den n. octavus und kann sich mit einer feinen Nadel davon überzeugen, dafs man durch ihn hindurch in die Schädelhöhle eindringen kann.“ Nun folgt die Freilegung des vestibulum. Abbrechen seiner Decke von der fenestra ovalis aus, etwas nach unten und hinten. Verhindert noch der hintere obere Rand des knöchernen Gehörgangs den freien Blick über die hintersten Partieen der Paukenhöhle, dann entfernt man ihn mit der Knochenzange. Somit ist die Eröffnung der knöchernen Labyrinthkapsel beendet. Die Reste des membranösen Labyrinths werden mit einer feinen Pincette herausgenommen. Auf dem Grunde der Vestibularhöhle erblickt man zwei grofse Löcher; das eine liegt genau über der Eintrittsstelle des octavus und enthält die Ampullenenden des canal. ant. und ext., das andere Loch liegt nicht soweit nach oben, aber etwas mehr nach hinten und enthält das Ampullenende des canal. post. Man überzeugt sich mit einem kleinen Excavator, dafs die Ampullen der Kanäle entfernt sind. Wenn von den Kanälen selbst Überreste im Knochen zurückgeblieben sein sollten, so hat dies nichts auf sich, da sie ja keine nervösen Elemente enthalten. „Zum Schlufs umkreist man mit dem kleinen Exkavator den Stumpf des octavus und überzeugt sich so in sicherster Weise, dafs die Operation gelungen ist, d. h., dafs sich kein Endorgan mehr an ihm befindet.“

Schwer zu vermeiden ist bei dieser Operation eine Nebenverletzung des n. facialis.

An dieser Stelle mögen auch die von Ewald an Hunden mit entferntem Labyrinth angestellten Beobachtungen angeführt werden (vgl. S. 285):

„Nach einseitiger Entfernung des Labyrinths entstehen asymmetrische Störungen, welche gröfstenteils durch Ersatzerscheinungen kompensiert werden.“

Folgen der einzeitigen doppelseitigen Entfernung:

Während der Zerstörung des Labyrinths auf der einen und der andern Seite tritt Nystagmus auf, welcher mehrfach seine Richtung ändert. Derselbe wird entweder konstant oder verschwindet ganz.

Keine abnormen Bewegungen, nur Lähmungserscheinungen infolge Verletzung des n. facialis. Die Augen können nicht geschlossen werden und die Maullefzen sind gelähmt. Einige Stunden nach der Operation zeigt das Tier dieselben Erscheinungen wie einige Tage später, nur in erhöhtem Mafse. Der Augennystagmus verschwindet gewöhnlich nach 20—30 Stunden. Schwankender Gang. Schwanken des Kopfes um die Kieferaxe. Auf glattem Boden rutschen die Füfse aus und das Tier kommt leicht zu Fall. Geht ungern auf zwei Hinterbeinen nach vorn. Bei der geringsten Belastung seines Rückens gleitet der Hund aus und fällt sehr bald um. Ein Abscheu vor der Nahrung liegt nicht vor, aber das Tier leidet an Schluckbeschwerden.

Nach SCHIFF*) springen die Hunde nicht mehr von einer gewissen Höhe herunter.

Nach E.s Beobachtung springen sie ohne weiteres herunter, fallen aber auf den Boden, als hätte man eine Leiche vom Tische heruntergeworfen.

Längere Zeit nach der Operation bemerkt man dieselben Symptome, nur in abgeschwächtem Grade. Jetzt springt der Hund nicht mehr ohne weiteres von einer Höhe herab, aber nicht deswegen, weil ihn etwas am Herunterspringen hinderte, sondern nur, „weil er die Erfahrung gemacht hat, dafs er unten schlecht aufspringt und sich dadurch Schmerz verursacht".

EWALD führt 5 detailliert beschriebene Versuche an.

Die am Gehörorgan von Meerschweinchen angewandten operativen Methoden.

Da bis jetzt noch keine ausführliche Monographie über die Anatomie des Meerschweinchens überhaupt und über sein Gehörorgan im besondern existiert, wie solche bereits über Kaninchen, Hunde, Pferde und Rinder verfafst sind, möge an dieser Stelle auf einige anatomische Eigentümlichkeiten hingewiesen werden, deren Kenntnis zum Experimentieren in erster Linie erforderlich ist.

Unsere zahmen Meerschweinchen (Cavia cobaya, früherer Name Cavia Aperea ERXLER, Mus porcellus LINNÉ) gehören zur Ordnung der Nager und stammen nach der Ansicht einiger von der grauroten Aperea ab, die in ganz Brasilien, in Paraguay und auch südwärts vom La-Plata wild lebt.[348])

*) SCHIFF: Sur le côle des rameaux non auditifs du nerf acoustique. Arch. des sciences phys. et nat. 1891, 15 Févr.

[348]) Die meisten Quellen, auf Grund deren die nachstehende kurze anatomische Skizze entworfen ist, sind dem Verfasser aus Referaten bekannt:

J. J. FREULER. Monographia Caviae Porcelli zoologica. Cum tab. aer. Goettingae. 1820. 4.

MAX von NEUWIED. Beiträge zur Naturgeschichte von Brasilien. Bd. II. Weimar. p. 464. 1826.

AZARA. Essai sur l'histoire natur. des Quadrupèdes de la province de Paraguay. T. II. Paris. 1801. p. 66.

FR. SIGIS. LEUCKART. Über einen neuen, eigentümlichen Knochen des Meerschweinchens (Cavia Aperea, ERXLER), nebst Bemerkungen über den Zwergfellknochen

Unter dem hinteren Teile des Schädels vom Meerschweinchen liegt nach unten, wie aus den beiliegenden Figuren (171—175) ersichtlich ist, die bulla ossea (Pauke, Paukenblase, Paukenkapsel, caisse du tympan), welche die Gestalt einer halbkugelförmigen, von rechts nach links schwach abgeplatteten und von vorn nach hinten etwas verlängerten Kapsel hat. Beim Meerschweinchen sind Innen- und Aufsenwand dieser bulla völlig glatt. Die obere Partie ihrer *äufseren Wand* trägt beim ausgewachsenen Tier den kurzen knöchernen äufseren Gehörgang. Unter demselben liegt eine kleine Öffnung, die ebenfalls in die Trommelhöhle führt. Bei jungen Meerschweinchen existiert nur eine grofse, unregelmäfsig umrandete Öffnung (Fig. 171) mit einem in sie hineinragenden Auswuchs — der spätere knöcherne äufsere Gehörgang. Nach hinten oben von demselben (Fig. 173, V) erblickt man eine andere kleinere Öffnung, durch die der n. facialis, um den Gehörgang herumgehend, auf die Aufsenseite des Schädels hinaustritt; diese Öffnung entspricht dem foramen stylo-mastoideum. Bei der Trepanation der bulla ossea von hinten mufs man gewisse Vorsichtsmafsregeln beobachten, um eine Verletzung des n. facialis zu vermeiden.

An der Innenfläche der äufseren Wand, fast dem Gehörgang gegenüber, befindet sich ein grofser ringförmiger knöcherner Vorsprung, der annulus tympanicus, in dem das Trommelfell ausgespannt ist (die Peripherie des Annulus ist in Fig. 174 punktiert angedeutet). An die Innenfläche des letzteren setzt sich ein langer löffelartig verbreiterter Auswuchs — der Stiel des Hammers (manubrium) — an, der Fig. 171—175 inmitten des Gehörganges als ein weifser, nach dem unteren Ende zu leicht verdickter Streifen dargestellt ist.

Die vordere Wand der bulla ossea läuft nach innen in einen kleinen feinen konischen Fortsatz aus, der von einem engen, kaum eine Borste durchlassenden Kanal durchzogen wird; es ist dies der knöcherne Teil der Eustachischen Tube.

An der *inneren Wand* liegt die konische Schnecke, die in die Trommelhöhle frei hineinragt und aus $3^1/_2$ übereinander liegenden spiraligen Windungen besteht. Die Axe, d. h. die Linie, welche die Spitze mit dem Centrum der Basis verbindet, ist etwas nach unten und aufsen geneigt, so dafs bei der Verlängerung beider Axen nach rückwärts ein nach vorn offener Winkel entsteht. Das Schnecken- oder runde Fenster liegt gerade nach oben und ist von dem Vorhofs- oder ovalen Fenster durch einen schmalen knöchernen Riegel getrennt. Bei jungen Meerschweinchen liegt die Schneckenaxe fast horizontal und neigt sich etwas nach innen, so dafs bei Verlängerung beider Axen nach vorn dieselben sich schneiden, wobei sie einen nach hinten offenen Winkel bilden. Das Umgekehrte ist, wie wir gesehen haben, an ausgewachsenen Tieren der Fall. Die Ebene des Schneckenfensters ist bei jungen Meerschweinchen nicht gerade nach oben, sondern etwas nach aufsen gerichtet.

---

des Igels und des Dromedars. T. VIII. Fig. 1—5. TIEDEMANNs und TREVIRANUS Untersuchungen über die Natur des Menschen, der Tiere und der Pflanzen (od. Zeitschr. f. Physiologie). Bd. V. p. 167. 1835.

K. DIETRICH. Fragmente zur genaueren Kenntnis der Schläfenbeine einiger schweizerischer Säugetiere. MÜLLERs Archiv. Taf. IV. p. 55. 1841.

CUVIER. Anatomie comparée. BUFFON, VIII, 1.

J. HYRTL. Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das innere Gehörorgan des Menschen und der Säugetiere. Prag. Alle bekannten Daten sind darin von HYRTL durch eigene Beobachtungen geprüft.

Hinten und vorn oben geht die bulla ossea in zwei andere unregelmäfsig umgrenzte Höhlungen, die sogenannten *Lateralhöhlen*, über.

In der *hinteren Höhle* befinden sich (wie aus Fig. 174, V ersichtlich ist) zwei sich durchkreuzende, niedrige, walzenförmige Vorsprünge (in der Figur sind sie durch weifse Linien bezeichnet), von denen der eine dem frontalen, der andere dem horizontalen Bogengang entspricht. Diese Gebilde unterliegen beträchtlichen individuellen Schwankungen und sind in den meisten Fällen auf der einen Seite stärker entwickelt. Der horizontale Bogengang schneidet den canalis Fallopii, in dem der n. facialis verläuft. In der schematischen Figur 175 ist der Verlauf des canalis Fallopii durch punktierte Linien markiert.

Im hinteren Teile der *vorderen, von vorn nach hinten sich erstreckenden Höhle* (Fig. 174, III) ist eine ähnliche halbcylindrische Erhebung deutlich wahrnehmbar, die dem sagittalen Bogengang entspricht (der Verlauf des letzteren ist in der schematischen Figur 175 oben über dem horizontalen Bogengang veranschaulicht). Dieser Kanal umgibt eine breite Öffnung, die aus dem Schädelinnern in eine birnförmige Höhle führt, deren Spitze an der Wand des horizontalen Bogenganges liegt. Zu dem sagittalen Kanal nach aufsen liegt eine flache, viereckige Vertiefung, durch deren dünne Basis man leicht in die erwähnte Höhle eindringt. Unter derselben, auf der Schädelfläche der Pyramide, befinden sich drei Öffnungen: die hintere, gröfste führt in einen sehr kurzen Kanal und gestattet dem ramus cochlearis den Durchgang; durch die obere kleine geht der r. vestibularis, durch die untere der n. facialis hindurch.

Durch die kleine Öffnung an der Basis des vorderen Teiles der erwähnten vorderen Höhle ragt in dieselbe der keulenartige Kopf des Hammers hinein (wie aus der schematischen Figur 175 ersichtlich ist). Der Hammerkopf ist beim Meerschweinchen mit dem Ambofs verwachsen; zwischen den Schenkeln des Steigbügels läuft ein Riegel,*) der im Innern einen Kanal und in diesem einen Arterienast enthält. Demnach kann der Steigbügel nur dann aus dem ovalen Fenster entfernt werden, wenn der Riegel weggebrochen ist. Beim lebenden Meerschweinchen ist diese Manipulation mit einer Blutung verbunden. Die Verschmelzung des Hammers mit dem Ambofs, sowie der Übergang des langen Fortsatzes des letzteren in den Kopf des Steigbügels ist aus der schematischen Figur ersichtlich.

Hinter der bulla ossea erstreckt sich abwärts ein Fortsatz, der dem proc. mastoideus der anderen Tiere entspricht (Fig. 173, II).

Der mikroskopische Bau des Cortischen Organs vom Meerschweinchen ist in Schwalbes Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane (1887) S. 354 abgebildet.

Über gewisse Besonderheiten in der Struktur des Labyrinths bei anderen Nagern s. die Abhandlung von Hyrtl (1845). Bei einigen derselben, z. B. bei Lagostomus trichodactylus, haben sich der sagittale und der horizontale Kanal so weit von dem anliegenden Knochen losgelöst, dafs unter jeden von ihnen eine Sonde geschoben werden kann. Die Schnecke erreicht bei einigen Chiropteren (Rinolophus ferrum equinum) sehr beträchtliche Dimensionen.

*) Hyrtl, l. c. p. 74.

„Zwischen beiden Schenkeln läuft, wie beim Meerschweinchen, ein Riegel, der aber nicht knöchern ist, sondern einem vertrockneten Blutgefäfse anzugehören scheint“. Der anatomische Bau noch einiger anderer Nager wird von Hyrtl beschrieben.

Fig. 171.

Fig. 172.

Fig. 171. Schädel eines ein bis zwei Tage alten Meerschweinchens. I. Bulla ossea mit dem S. 607 beschriebenen Fortsatz. II. Knorpeliger Teil zwischen bulla und processus mastoideus; bei der Eröffnung desselben mufs man sich hüten, zu weit nach vorn vorzugehen, damit der n. facialis nicht berührt werde. III. Nicht ganz verknöcherte Wand der oberen vorderen Nebenhöhle. Natürliche Gröfse.

Fig. 172. Derselbe Schädel von der andern Seite. Die bulla ossea und die obere vordere Nebenhöhle sind eröffnet. Der Stiel des Hammers ist sichtbar. Natürliche Gröfse.

Fig. 173.

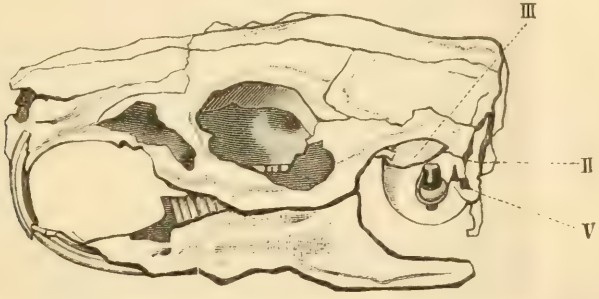


Fig. 173. Schädel eines ausgewachsenen Meerschweinchens. III. Die vordere Nebenhöhle ist nicht eröffnet. II. Process. mastoideus. V. Foramen stylo-mastoideum. Natürliche Gröfse.

Fig. 174.

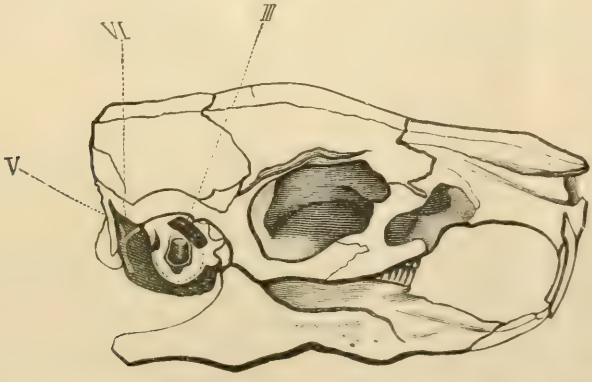


Fig. 174. Derselbe Schädel von der andern Seite. Die bulla ossea, die hintere und die vordere Nebenhöhle sind eröffnet. III. Vordere Nebenhöhle. V. Hintere Nebenhöhle. VI. Der frontale und der horizontale Bogengang als weifse Streifen. Natürliche Gröfse.

Fig. 175.

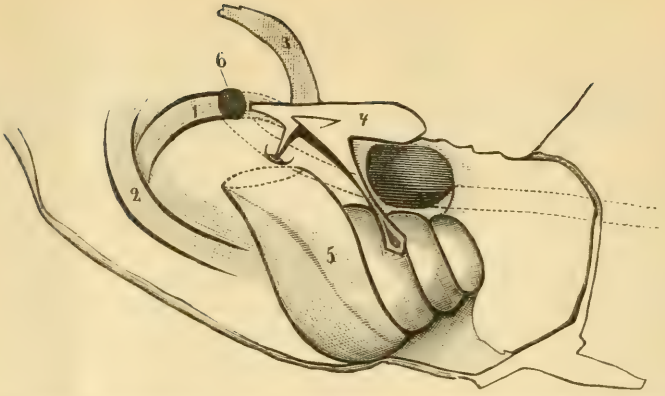


Fig. 175 stellt schematisch die topographische Anordnung der einzelnen Teile des Gehörorgans vom Meerschweinchen dar.

1. Canal. horizontalis. *2.* Canal. verticalis posterior. *3.* Canal. verticalis anterior. *4.* Malleus mit dem Ambofs verwachsen, dessen kurzer Fortsatz mit dem stapes verbunden ist. Zwischen den Stapesschenkeln befindet sich ein knöcherner Balkenriegel. *5.* Cochlea mit den 4 Windungen. *6.* Austrittstelle des n. facialis, dessen weiterer Verlauf durch die punktierte Linie angedeutet ist.

Vom Otolithenapparat der Säugetiere.

Die Säugetiere besitzen nur zwei Otolithenapparate, die macula utriculi und die macula sacculi. Das Fehlen eines dritten soll nach BREUER mit der terrestrischen Lebensweise der Säugetiere, bei welcher Bewegungen hauptsächlich in der Horizontalebene ausgeführt werden, in Zusammenhang gebracht werden. Auf Schnitten, die durch das Gehörorgan einer neugeborenen Katze und eines Meerschweinches geführt wurden, konnte BREUER die Richtigkeit der Beobachtung RÜDINGERs bezüglich der gegenseitigen Perpendikularität beider maculae bestätigen. Zugleich gibt er eine Reihe von Angaben über die Behandlung des Präparats.

Verletzung der Schnecke vom Meerschweinchen vom äufseren Gehörgang aus nach **Gellé** (1881).[145])

Mit einem 1 cm von seinem freien gezähnten Ende im Winkel von 45 ° gebogenen Pfriemen dringt man in den Gehörgang des Meerschweinchens ein und durchbohrt das Trommelfell. Man braucht dann nur mit dem Instrumente eine Hebelbewegung von hinten nach vorn und von innen nach aufsen auszuführen, um die zarte Schnecke zu zerstören; man fühlt, wie der Widesstand aufhört und nimmt eine Crepitation der Knochenfragmente wahr.*)

*) p. 325. „Au moyen d'un poinçon coudé à 45° à un centimètre de son extrémité libre et à pointe denticulée, je pénètre dans le méat auditif du cobaye bien *tenu, et je perfore le tympan.* La pointe de l'instrument arrive dans la cavité auriculaire;

Auch C. CORRADI (1891),[132]) bediente sich der GELLÉschen Methode, nur mit dem Unterschied, dafs er die Zerstörung der Schnecke nicht mit einem Pfriemen, sondern mit einem Myringotom vornahm. Das geknöpfte Myringotom wird längs der vorderen Gehörgangswand bis zum vorderen Segment des Trommelfells eingeführt. Nach der Perforation desselben wird das Instrument nach innen geschoben, wobei es etwas nach unten geneigt wird, bis die Schnecke erreicht ist. Dann vollführt man mit dem Messer Bewegungen von unten nach oben, wobei man die Spitze desselben mehr oder weniger nach hinten richtet, je nachdem man kleinere oder gröfsere Partieen der Schnecke zerstören will.

Nach einer zweiten Methode verfuhr C. folgendermafsen: Entfernung der Ohrmuschel und der nach oben zu liegenden Weichteile, Blutstillung, Extraktion des Hammers und des Amboſs. Nun übersah man die ganze Schnecke. Die Schnecke selbst wurde mittels einer glühenden Nadel zerstört.

Die Versuche BAGINSKYs (1881), der an Hunden die Zerstörung der Schnecke mittels eines Pfriemens vornahm, führten zu unzuverlässigen Resultaten. Die Sektion ergab neben einer Zerstörung des Labyrinths auch noch eine Perforation der Schädelhöhle, nebst Schwellung und Entzündung der Hirnhäute und des Gehirns. Dieses veranlafste BAGINSKY, zur Eröffnung der Paukenhöhle einen anderen Weg zu wählen und zwar vom Halse aus nach HEIDENHAIN.

Die Unzulänglichkeit des GELLÉschen Verfahrens besteht hauptsächlich in der Unmöglichkeit, dem lebenden Tier unter beständiger Kontrolle der Augen eine streng lokalisierte Verletzung beizubringen. Solche Methoden sind viel zu roh, als dafs sie hinlänglich genaues Material zu streng wissenschaftlichen Deduktionen liefern könnten. Die Folgerungen derjenigen Forscher, die auf dem Wege einer Beschädigung en masse der Entscheidung schwieriger physiologischer Fragen näher zu kommen suchten, können demnach nur mit Vorsicht aufgenommen werden. Die Mängel des GELLÉschen Verfahrens sind folgende:

1. Ausgedehnte Verletzungen des Trommelfells, sowie eine Verschiebung der Gehörknöchelchen. Solche Veränderungen müssen auf die Schallleitung einen Einfluſs ausüben.

2. Die Zerstörung geschieht, ohne dafs man sie mit den Augen kontrolliert; man kann sich daher nur nach seinen Tastempfindungen richten. Demgemäfs kann man nicht in allen Fällen sicher sein, dafs die Verletzung an der Schnecke allein lokalisiert war und nicht auch die benachbarten Partieen in Mitleidenschaft gezogen waren. Aufserdem ist keine Möglichkeit vorhanden, das Instrument auf irgend einen bestimmten Teil der Schnecke zu richten.

3. Ist es unmöglich, die Splitter zu entfernen und das verletzte Organ unter Bedingungen zu bringen, die einer Heilung der Wunde günstig sind.

Die vom Verfasser (v. STEIN) angewandte Modifikation des Experimentierens durch den äufseren Gehörgang besteht in folgendem: Verf. führt durch denselben einen kleinen, kurzen Trichter ein und brennt

quelques mouvements de la pointe d'avant en arrière et de dedans en dehors écrasent, labourent, détruisent la cochlée fragile: on sent la résistance vaincue et la crépitation des fragments osseux, ce qui annonce que l'opération a réussi."

dann durch diesen hindurch mit einem dünnen Galvanokauter im Trommelfell eine Öffnung aus; durch diese lädierte er nun die Schnecke. Auf diese Weise suchte er eine Verletzung der Muskeln, deren Kontraktion den Preyerschen Reflex der Ohrmuschel hervorruft, nach Möglichkeit zu vermeiden.

Aufser der angegebenen Methode versuchte v. Stein noch einige andere Arten der Beschädigung der Schnecke.

In die Paukenhöhle des Meerschweinchen kann man nämlich ohne Verletzung des Trommelfells auf zweierlei Wegen eindringen: 1. hinter der Ohrmuschel durch die bulla ossea und 2. vor derselben durch die vordere Nebenhöhle.

Die Operation selbst wird unter möglichst strenger Beobachtung der antiseptischen Vorschriften ausgeführt. Man wäscht das Operationsfeld und spült es mit Sublimatlösung ab, rasiert die Haare weg, durchtrennt die zusammengefaltete Haut mit einer Schere und legt dann den Knochen mittels eines Grabstichels, wie er von Graveuren benutzt wird, frei. Beim Beginn der Operation darf das Tier nur einer leichten Chloroformnarkose unterworfen werden, weil es andernfalls leicht zu Grunde geht. Erst im letzten Moment, wenn die Schnecke beschädigt wird, mufs man das Meerschweinchen in tiefe Narkose versetzen. Um Bewegungen der Füfse zu verhindern, umwickelt man den Rumpf mit einer breiten Binde.

Eröffnung der bulla ossea und ihrer hinteren Nebenhöhle von hinten nach **S. v. Stein** (1887).*)

Nachdem man an jungen Meerschweinchen die bulla ossea hinter der Ohrmuschel abgetastet hat, führt man, von der letzteren sich etwas seitwärts haltend, einen Schnitt aus; derselbe darf nicht zu weit nach unten gehen, da dort die gröfseren Gefäfse leicht verletzt werden könnten; darauf zerreifst man die dünne Muskelschicht mit einer Pincette. Nach Freilegung des Knochens sucht man eine Hervorragung auf, welche bei jungen Meerschweinchen als ein bläuliches Knorpelplättchen erscheint. Bevor man an dieser Stelle in die Höhle eindringt, mufs man unbedingt die Blutung mittels jodoformierten Penghawar Djambi (1%) auf das sorgfältigste stillen. Bei Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmafsregel dringt das Blut in die Höhle, gerinnt daselbst und verdunkelt das Operationsfeld. Das Knorpelplättchen eröffnet man am unteren Rande; indem man allmählich mit einer feinen krummen Schere Stückchen herausschneidet, nähert man sich dem oberen Rande. Etwas höher über demselben verläuft der horizontale Bogengang, dessen Verletzung ganz unerwünschte Manègebewegungen hervorrufen würde. Eine Blutung findet fast gar nicht statt. Beleuchtet man durch diese ungefähr 3 mm im Durchmesser betragende Öffnung die Paukenhöhle mittels eines Reflektors von kurzer Brennweite oder eines elektrischen Glühlämpchens, so sieht man folgendes Bild: Vorn und etwas nach oben liegt die erste Schneckenwindung, bei jungen Tieren auch noch ein Teil der zweiten; das ovale Fenster ist bei ausgewachsenen Tieren gerade nach oben, bei jungen

*) Die Operationsmethode und einige nach derselben erhaltene Resultate wurden unter Demonstration der operierten Tiere 1887 in einer Sitzung der physiko-medizinischen Gesellschaft zu Moskau vorgetragen unter dem Titel: „Einige Beobachtungen, die auf die eventuelle Funktion der Ohrschnecke hinweisen.“

etwas nach aufsen gerichtet, und neben ihm, dicht am Tegmen, liegt der Steigbügel mit dem Amboís. Vom ovalen Fenster an zieht sich nach hinten eine niedrige Knochenerhebung hin — der horizontale Bogengang, der bei erwachsenen Meerschweinchen nicht immer deutlich hervortritt. In den meisten Fällen ist er auf der einen Seite stärker entwickelt. Gegenüber und von der ersten Windung nach aufsen zu liegt das trichterförmig ausgespannte Trommelfell.

Nun tritt der wichtigste Akt der Operation, die Verletzung der Schnecke, heran. An einer bestimmten Stelle wird mittels einer sehr feinen vorher sterilisierten Nähnadel (Nr. 11), die in einem bleistiftähnlichen Nadelhalter steckt, eine Öffnung gebohrt. Beim Durchbohren darf keine allzugrofse Kraft aufgewandt werden, da leicht die ganze Schnecke durchstochen wird. Man kann sich nur auf die Verletzung einer einzigen Stelle der Knochenkapsel und der anliegenden Weichteile beschränken. Will man aber auch die Basis des modiolus zerstören, so schiebt man die Nadel tiefer hinein, hebt und senkt dabei den Halter; durch die Bewegungen trennen wir die Basis des modiolus quer durch. Um alle Weichteile der Schnecke zu zerstören, führen wir durch die Öffnung einen sehr feinen Stahldraht ein, wie er von den Zahnärzten zur Extraktion der pulpa angewandt wird, und suchen durch drehende Bewegungen die Spitze der Schnecke zu erreichen. Diese *intracapsuläre Zerstörung* der Weichteile der Schnecke zieht Verfasser jeder andern vor, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Es findet durch die kleine Öffnung kein Abfliefsen von Endo- oder Perilymphe statt; es befinden sich somit die übrigen Teile des Labyrinths unter normaleren Bedingungen, als bei Aufmeifselung oder Zerstörung des Knochens.

2. hält das Tier die Operation leichter aus, da bei dieser Methode keine Knochensplitter, deren Entfernung nicht immer gelingt, vorkommen, und somit auch die nachträgliche Eiterung sehr unbedeutend ist.

Beiläufig möge hier noch bemerkt werden, dafs bei vorsichtigem Operieren hinter der Ohrmuschel der facialis nicht verletzt wird, da er einige Millimeter vor der Trepanationsöffnung vorbeigeht und den knorpeligen Teil des äufseren Gehörganges fest umschliefst.

Eröffnung der Trommelhöhle von vorn, von der vorderen Nebenhöhle aus nach **S. v. Stein** (1887).

Um die Spitze der Schnecke oder die angrenzenden Windungen zu verletzen, dringt man in die Höhlung des Mittelohres *vor* der Ohrmuschel ein. (Diese Operation läfst sich nur an ausgewachsenen Tieren ausführen, weil nur bei diesen die vordere Nebenhöhle eine entsprechende Gröfse hat.) Nach dem Hautschnitt, welchen man von der Mittellinie des Scheitels im Bogen um den Knorpel bis etwas unterhalb des äufseren Augenwinkels führt, durchtrennt man den Temporalmuskel; dabei werden kleine Zweige des Gesichtsnerven verletzt, doch zieht die Verletzung derselben keine Lähmung der Augenlider nach sich. Die das Operationsfeld einschränkenden Muskelstückchen können ohne jeden Nachteil für die Bewegung der Augenlider entfernt werden. Auf dem so freigelegten Knochen bemerkt man zwei knöcherne Cristen, die nach hinten auseinandergehen und als Merkpunkte dienen. Man bricht den Knochen seitlich von der unteren crista durch. Durch diese Öffnung gelangt man in die ziemlich geräumige vordere Höhle, auf deren Boden, weiter nach hinten, man den keulenförmigen Kopf des Hammers erblickt.

Wir brechen den Boden dieser Höhle auf und dringen so in das cavum tympani ein. Diese Manipulation erfordert aber gewisse Vorsichtsmafsregeln, ohne die man den Knochen leicht in allzugrofser Ausdehnung beschädigen kann. Man durchbohrt nämlich zunächst den Boden der Höhle, indem man vom vorderen Teil des Hammerkopfes mit einer glühenden Nadel seitlich nach unten und etwas nach innen hineinsticht. Daraufhin wird die so hergestellte Öffnung mit einer Schere erweitert, wobei man die Knochensplitter vorsichtig zur Seite schiebt. Ein schmaler Knochenstreifen mufs um den Hammerkopf herum zurückbleiben, damit der Hammer seines Stützpunktes nicht beraubt werde und in seiner normalen Stellung verbleibe. Sehr oft erblicken wir trotz der geschaffenen Öffnung die Spitze der Schnecke nicht, nämlich dann, wenn während des Aufbrechens des Knochens eine Exfoliation der Schleimhaut stattgefunden hat, welche die Schnecke verbirgt. Dieses Hindernis ist jedoch leicht dadurch zu beseitigen, dafs man mit einer Nadel die exfoliierte Schleimhaut zerreifst. Die so freigelegte Schnecke richtet ihre Spitze direkt gegen die Öffnung; bisweilen nimmt man hinten die dritte, ev. auch die zweite Windung wahr. Man durchbohrt sie mit einer feinen Nadel.

Während der Operation wird eine starke Blutung nur dann eintreten, wenn die obere knöcherne crista oder die Muskeln, die die Vertiefung zwischen dem äufsern Gehörgang und dem Jochbogen ausfüllen, verletzt worden sind.

Die bei Versuchen an den einzelnen Teilen des Ohrlabyrinths angewandten Methoden.

In vorstehendem sind die gegenwärtig existierenden operativen Methoden beschrieben worden, vermittelst deren man unter Durchschneidung einer Reihe von Geweben zum Labyrinth gelangt und dessen einzelne Teile freilegt. Von der Sauberkeit, mit der das Präparieren des einen oder anderen Teiles des inneren Ohres ausgeführt worden ist, wird das weitere Gelingen und die Zuverlässigkeit des Versuchs abhängen. Die Experimentalphysiologie besitzt bekanntlich bis jetzt nur zwei und dabei sehr primitive Mittel zur Feststellung der Funktion eines Nervenapparats, nämlich die *Reizung und die Zerstörung desselben.* Die Reizung kann durch mechanische, chemische, thermische und elektrische Reize, sowie auch reflektorisch von seiten anderer Nerven mittels derselben Reize hervorgerufen werden, deren Anwendung in stärkerem Mafse zur Vernichtung der Funktion führt.

Um möglichst beweiskräftige Daten zu erhalten, mufs man notwendigerweise denjenigen Teil des Labyrinthes, an dem man Experimente vornehmen will, sorgfältig eliminieren. Die Möglichkeit, diese Aufgabe durchzuführen, ist von Anatomen, welche Untersuchungen am membranösen Labyrinth angestellt haben, festgestellt worden. Bei Scarpa (1789) finden wir zum ersten Male ziemlich genaue Angaben über das Präparieren des membranösen Gehörorgans ohne alle Nebenverletzungen. Er rät die Sektion vom ovalen Fenster zu beginnen und allmählich ein Knochen-

stück nach dem andern herauszubrechen. Hiernach ist dem Physiologen nur übrig geblieben, dieses oder ein anderes Verfahren einzuschlagen und dasselbe in Übereinstimmung mit den Bedingungen der Vivisektion zu modifizieren, bei denen die Sauberkeit des Versuchs infolge beständiger Blutung oft gestört oder sogar unmöglich wird.

A. Methodik der Versuche an den Bogengängen.

Schon Flourens machte auf die Unzulänglichkeit und Unwissenschaftlichkeit gewisser Arten des Verfahrens bei der Manipulation an Teilen des inneren Ohres aufmerksam. Alle diejenigen Methoden, die nicht zu einer *möglichst scharfen Lokalisierung* der beigebrachten Verletzung führen, sind zu vermeiden, da sie nicht zum Ziel, d. h. zur Klarstellung der Funktion des untersuchten Organs führen. Bei einer ausgedehnten Verletzung werden die Nachbarorgane leicht affiziert.

---

1. Regellose Zerstörung des Gehörorgans.

Dieses Verfahren ist wenig brauchbar.

Goltz (1870) beschreibt dasselbe auf folgende Weise:

l. c. p. 177. „Nachdem ich an der Taube zuerst den Knochen hinter dem Ohr freigelegt hatte, grub ich mit Hilfe eines sehr scharfen, kleinen Hohlmeifsels die Bogengänge auf beiden Seiten des Kopfes stückweise heraus. Die Blutung während der Operation ist sehr beträchtlich. In denjenigen Fällen, in welchen ich bemüht war, alle drei Bogengänge auf beiden Seiten vollständig zu zerstören, gingen die Tiere bald nach beendigter Operation unter stürmischen Rollbewegungen oder Überkugelung zu Grunde. Ich begnügte mich deshalb später damit, Stücke aus den beiden oberflächlicher gelegenen Kanälen *herauszubrechen.*“

---

2. Ausbrechen, Zerstückeln, Zermalmen (broiement) und gänzliche Zerstörung eines oder mehrerer Kanäle.

Flourens selbst bediente sich dieser Arten des Verfahrens (1828), jedoch nicht zur Klarstellung der Funktionen, sondern um sich davon zu überzeugen, dafs die Stärke der Störungen von der Gröfse der Zerstörung direkt abhängig ist. Es ergab sich, dafs „dans le cas d'une simple piqûre, le mouvement de la tête est léger; il est beaucoup plus fort dans le cas d'une section; il est plus fort encore dans le cas d'une section double; il est au plus haut degré de violence enfin, dans le cas de broiement ou de destruction complète“.

Goltz bediente sich dieses Verfahrens, als er sah, dafs an der vollständigen Zerstörung des Ohres alle Tauben zu Grunde gingen (1870). Löwenberg führte gleichfalls das Ausbrechen der knöchernen Kanäle aus (1873).

Kritische Bemerkungen **Bornhardts** (1875) gegen **Löwenberg.**

l. c. p. 17. „Aus der Beschreibung dieses Versuches (Brechen des äufseren vertikalen Kanals) ersehen wir, dafs Löwenberg eine wenig brauchbare

operative Methode anwandte: er durchschnitt nämlich die Kanäle nicht, sondern zerdrückte sie; er erhielt infolgedessen wahrscheinlich Erscheinungen, die einer Verletzung des rechten horizontalen und nicht des kleinen vertikalen Kanals derselben Seite entsprachen; bei einer Verletzung des letzteren hätten sich Kopfbewegungen von unten nach oben und umgekehrt, sowie Hintenüberwerfen des Rumpfes ergeben müssen."

Beobachtungen **A. Böttchers** (19. Juni 1874).

Indem B. festzustellen wünschte, inwieweit der Grad der Zerstörung der Bogengänge Nachbarteile in Mitleidenschaft zieht, operierte er einige Tauben nach den angegebenen groben Methoden und konstatierte die Folgen der Operation durch die Obduktion. In den Fällen, wo ein so starkes Verdrehen des Kopfes sich äufserte, dafs der Scheitel den Boden berührte und der Schnabel mehr oder weniger stark nach hinten gerichtet war, ergab die Obduktion fast stets Veränderungen in der Schädelhöhle in Form von Extravasaten im Kleinhirn und im verlängerten Rückenmark oder von Entzündungsprozessen, die auf die Gehirnhäute übergegriffen hatten; nicht selten fanden sich Eiterherde.

Gleichzeitig mit der Kopfverdrehung traten gewöhnlich auch stürmische Drehbewegungen auf, die durch dieselben Ursachen bedingt waren.*)

Die Wirkung solch grober Arten des Verfahrens auf die Folgeerscheinungen kann man sich auf zweifache Weise erklären: 1) unmittelbar durch die Verletzung von Gehirnteilen oder 2) durch die Beschädigung des ductus endolymphaticus.

3. Durchschneidung der Bogengänge in toto (an einer oder mehreren Stellen) d. h. des knöchernen und des membranösen Bogengangs zugleich:

Dieses Verfahren ist infolge der eventuellen Blutung und der unerwünschten Kompression der benachbarten Organe bei denjenigen Tieren nicht anzuwenden, bei welchen die Kanäle von einem Blutgefäfs begleitet sind. Dieser Methode

*) Zur Erläuterung möge auch das Obduktionsprotokoll citiert sein:

l. c. p. 16. „Obduktionsbefund. Die Kopfwunde mit Granulationen gefüllt. Das Kreuz der beiden oberflächlichen Bogengänge zerstört; der innere Bogengang erhalten. Der häutige Kanal in dem letzteren farblos, dagegen die Vorhofssäckchen blutig imbibiert. Auf der medulla oblongata seitlich neben dem rechten nervus acusticus ein Extravasat, das in der Hirnhaut steckt und als dunkelroter Fleck von Linsengröfse erscheint. Die Fasern des n. acusticus unverändert."

l. c. p. 18. Doppelseitige Entfernung des Kreuzes.

„Obduktionsbefund. Die Wunden der Kopfhaut geschlossen. Unter letzterer finden sich aber an dem Hinterhaupt, sowie auch seitlich, umfangreiche Lagen weifsgelben, eingedickten Eiters; die untere Fläche der Haut, die infolgedessen von dem Schädel beträchtlich absteht, ist schwartenartig verdickt und stark gerötet. Nach Entfernung der Eitermassen, die sich rechts bis an den Rand der Augenhöhle und nach abwärts bis zur unteren Grenze des Gehörgangs hinziehen, erscheint das Periost kolossal geschwollen und in dicken hochroten Lagen trennbar, die erst über dem Stirnbein wieder eine faserige Beschaffenheit darbieten." Wiederum Eiteransammlungen. Die angeführten Veränderungen können heutzutage bei antiseptischem und aseptischem Vorgehen vermieden werden.

bediente sich Flourens bisweilen; die meisten späteren Autoren brachten sie ausschliefslich in Anwendung. Wegen des raschen Auftretens der Manègebewegungen ist sie zu Demonstrationen besonders geeignet.

Dieses Verfahren schlugen ein: Harless, Czermak bisweilen, Löwenberg ausschliefslich, Böttcher, Bloch, Berthold, Tomaszewicz. Böttcher schnitt bisweilen das ganze Kreuz heraus.

Unblutige Methode **E. Bertholds** (19. Juni 1874).

Mit Hilfe einer kleinen gebogenen Nadel, wie sie zu Konjunktivalnähten angewandt werden, wird ein starker Seidenfaden unter dem Kanal hindurchgezogen. Bei dem Horizontal- und dem Frontalkanal gelingt dies ohne jede Schwierigkeit. Man bildet nun eine Schlinge und kann dann durch starkes Anziehen derselben den Kanal durchschneiden. Man kann auch in einem geringen Abstande zwei Schlingen anlegen und dann den Kanal zwischen denselben durchschneiden, ohne eine Blutung befürchten zu müssen. Diese Methode ist zur Demonstration ganz besonders geeignet.

Kritische Bemerkung **Breuers** (1875).

l. c. p. 105. Durchschneidung mittels der Schere ist, so vorsichtig sie auch sein mag, ein sehr gewaltiger Eingriff.

1. „In vielen Fällen wird durch den Scherenschnitt der knöcherne Kanal nicht blofs an einer Stelle getrennt, sondern zugleich durch die Hebelwirkung der Scherenblättchen an anderer Stelle gebrochen;

2. in allen treibt die Scheere die Endolymphe rapid aus der zuerst komprimierten Partie des häutigen Kanals nach beiden Seiten in den utriculus;

3. dann mag schon beim Durchschneiden oder beim Öffnen des Instrumentes der Kanal gezerrt werden, und schliefslich

4. wird durch die Trennung des einen kollabierten Ganges eine länger dauernde Veränderung in den Druck- und Strömungsverhältnissen der Endolymphe gesetzt. Da auch die Ampulle kollabiert, so kann es wohl auch zu einem direkten Auflasten der freien Wand auf der Nervenendigung der eminentia cruciata kommen.“

Demnach hat die Durchschneidung mit der Schere bedeutende Komplikationen im Gefolge. Es ist notwendig, mit solchen mechanischen Reizen zu experimentieren, welche dieselben Wirkungen hervorrufen, ohne beträchtliche Verletzungen zuzufügen. Anderseits aber verursacht die Durchschneidung so beständige Erscheinungen, dafs man die Gleichförmigkeit der durch dieselbe in den Kanälen bewirkten Veränderungen anerkennen mufs.

Kritische Bemerkung **Bornhardts** (1875).

„Wohl ganz zu verwerfen erscheint uns die Methode, die Bogengänge samt den sie begleitenden Blutgefäfsen zu durchschneiden, welche auch jedenfalls bei derselben Zeit und Mühe geschont werden können. Was den Erfolg des Blutergusses anlangt und wieweit derselbe für die Klarheit der Beobachtungen schädlich sein kann, braucht kaum erwähnt zu werden. Dieses Verfahren war von Flourens (nicht richtig! Ref.) und mehreren anderen Beobachtern gebraucht. Ebensowenig brauchbar erscheint uns die von Goltz

und von Löwenberg benutzte Methode, welche im Brechen des knöchernen Kanals besteht.“

Verfahren **Ewalds.**

E. schiebt zuerst einen kleinen Meifsel unter den Kanal und durchschneidet ihn dann; der Kanal soll hierbei nicht gezerrt werden.

Verfahren **Vulpians** (1866).

l. c. p. 600. Vor der Freilegung der halbkreisförmigen Kanäle wurden die Tauben mit Krapp gefüttert. Infolgedessen färbte sich die kompakte Substanz der Kanäle intensiv rot, und es traten dieselben inmitten des übrigen schwammigen Knochengewebes scharf hervor.

Diese Methode hat keinerlei Vorzüge, da im Falle einer Blutung die roten Kanäle von den sie umgebenden Knochen gar nicht zu unterscheiden sein werden.

---

4. Durchschneidung eines Kanals in toto an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses.

Dieser Methode bediente sich **Bornhardt** (1875).

l. c. p. 90. „Bei Durchschneidung der Kanäle ist besonders die Verletzung der sonst an ihrer Farbe leicht erkennbaren Blutgefäfse zu vermeiden. Am sichersten gelingt die Durchschneidung der Bogengänge, wenn man die eine Schneide einer kleinen, ganz flachen Schere vorsichtig an der inneren Fläche der Wand, welche die Höhle des knöchernen Bogengangs von der Scheide des ihn begleitenden Gefäfses trennt, einsticht; darauf wird die Schere plötzlich zugeklappt und der Kanal momentan durchschnitten. Es läfst sich leicht begreifen, dafs eine solche Operation grofse Fertigkeit im Operieren sowohl, als die gröfste Aufmerksamkeit und einen scharfen Blick erfordert; denn die geringste Ungeschicklichkeit im Neigen der Schere u. s. w. genügt schon, um die feine Wand der Gefäfs-Knochenscheide zu durchbrechen; durch die darauf erfolgende Blutung werden alle Mühen zunichte und die Operation kann als mifslungen angesehen werden.“

Verfahren **Cyons** (1876).

Der äufsere (kleine) vertikale Kanal wird unter, der horizontale vor der Durchkreuzung, wo sich keine Gefäfse befinden, durchschnitten. Bisweilen stöfst man auch an der letzteren Stelle auf ein Gefäfs. Zur Durchschneidung der Kanäle an solchen Stellen, wo sich Gefäfse befinden, schlug Cyon das Bornhardtsche Verfahren ein.

---

5. Vorsichtige Eröffnung eines knöchernen Bogenganges an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, der mit stumpfen Instrumenten gereizt, mit einer Nadel gestochen oder durchschnitten wird.

Dieses Verfahren schlug Flourens ein, indem er den membranösen Kanal durchschnitt oder ihn durch Nadelstiche reizte. Die hierbei erhaltenen Resultate zeichnen sich durch *Korrektheit* und *Zuverlässigkeit* aus, weil bei

diesem Verfahren keinerlei sekundären Symptome bemerkt worden sind. Mittels dieser Methode bestätigte Flourens seine Folgerungen, die er früher auf Grund einer Durchschneidung der Kanäle gezogen hatte. Die meisten vorsichtigen Forscher bedienten sich dieser Methode, nur *modifizierten* sie dabei das Verfahren der *Freilegung des membranösen Kanals* und seiner Durchschneidung. Bei diesem Verfahren fliefsen stets zuerst geringe Mengen Peri-, dann Endolymphe aus. Czermak verfuhr wie Flourens (1866): er durchschnitt den membranösen Kanal an einer oder zwei Stellen. Je nach der Stelle, welche er traf, waren die Erscheinungen stark oder schwach. Dasselbe bestätigte Bloch sen.

Methode **Blochs** (1873).

„Nachdem wir den Kanal auf der gefäfsfreien Seite geöffnet und uns an der aus dem Labyrinth ausfliefsenden Flüssigkeit überzeugt haben, dafs er ganz offen ist, *heben* wir den membranösen Kanal *mit einer feinen Nadel in die Höhe* und durchschneiden ihn mit einer kleinen Schere, *ohne irgend eine Erregung hervorzurufen*. Bei diesem Verfahren ist die Stelle, an welcher die Operation ausgeführt wird, blutfrei; überhaupt geht die ganze Operation unter sehr unbedeutender Blutung von statten."

Der Blochschen Methode bediente sich bisweilen **Bornhardt.**

Unvergleichlich leichter läfst sich die Durchschneidung der membranösen Kanäle auch ohne das Auftreten einer Blutung in der Weise ausführen, dafs man den knöchernen Bogengang freilegt, mit einem *dünnen Messer* die *innere Wand des Kanals* wegschneidet oder mit einer *Nadel durchsticht*, und die Ränder der entstandenen Öffnung *abbricht*. Auf diese Weise wird eine kurze Strecke des membranösen Bogenganges geöffnet; er kann mit einem dünnen Häkchen leicht in die Höhe gehoben und dann für sich durchschnitten werden. Bei dieser Art des Operierens darf der membranöse Kanal mehr oder minder gespannt werden. In dieser Weise operierten Bloch und in jüngster Zeit Curschmann und Berthold.

Berthold (1874) und andere konnten konstatieren, dafs schon die vorsichtigste Freilegung eines Kanals ohne die geringste Verletzung der membranösen Gebilde hinreicht, um ein Einknicken der Extremitäten auf der operierten Seite zu bewirken. Diese Erscheinung beweist in augenfälliger Weise, dafs es in allen Fällen unerläfslich ist, sich bei Ausführung derartiger Versuche möglichst zarter Methoden zu bedienen.

Beobachtungen **Breuers** (1875) bei der Reizung der Bogengänge.

Für die reinsten Versuche sind diejenigen anzusehen, bei welchen die membranösen Kanäle nach ihrer ohne Verletzung gelungenen Freilegung mit einem weder stechenden, noch leicht verletzenden Instrument, z. B. einem spitzen Papierschnitzelchen, einer weichen Borste u. dgl., gereizt wurden. Bei einem solchen sanften Andrücken wird die Endolymphe beiderseits in den utriculus gepreſst, aus dem sie freien Abflufs hat. Bei den Versuchen dürfen nur diejenigen Strömungen der Endolymphe in Betracht gezogen werden, welche aus dem Kanal durch die Ampulle in den utriculus gerichtet sind, da das entgegengesetzte Ende des Kanals mit einem Nervenapparat nicht versehen ist.

Als Reizmittel kann auch ein Luftstrom dienen, der mittels einer kleinen Pipette auf den freigelegten membranösen Kanal geblasen wird. Letzteres Verfahren ist insofern nicht besonders zuverlässig, als schon beim Anblasen des nicht geöffneten Kanals eine Frontalbewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite auftritt.

Der Luftstrom wird entweder senkrecht zu der gemachten Öffnung oder parallel den Rändern derselben gerichtet; im letzteren Falle wirkt er aspirierend auf die Peri- und Endolymphe, und wird demnach die Lymphe aus dem utriculus durch die Ampulle in den Kanal strömen.

Die Verletzung eines sagittalen Kanals ist nach Breuer (1875) mit keinen besonderen Schwierigkeiten verbunden:

1875, p. 103. „Ich habe, mit der Messerklinge einstechend, den Kanal (sagitt.) leicht an jedem Punkte seines Verlaufes und ohne Verletzung seiner medialen Wand oder des begleitenden Gefäfses durchtrennen können."

Die Freilegung eines membranösen Kanals ist sehr schwierig. Die Schicht Perilymphe, welche denselben Kanal vom knöchernen trennt, ist in Wirklichkeit weit dünner, als man es nach Querschnitten von Präparaten vermuten sollte, an denen sich der membranöse Kanal retrahiert hat. Eröffnung des knöchernen völlig ohne Verletzung des membranösen gelingt daher ziemlich selten und nur mit schärfsten Messerklingen. Die Freilegung gelingt am horizontalen Kanal weit leichter, als am frontalen. Empfehlenswert ist es, einen solchen unter der Kreuzung bloßzulegen. Ein arger Übelstand erschwert aber hierbei den Versuch aufserordentlich. Die Stelle, welche durch Papier u. dgl. gereizt werden soll, liegt so weit nach unten am Kopfe der Taube, dafs man sie kaum erkennen kann, ohne diesen zur Seite zu neigen. Dann aber haben wir es nicht mehr mit einem reinen Versuch zu thun, denn man fixiert dabei den Kopf, wodurch die Beobachtung sehr schwacher Bewegungen unmöglich wird; anderseits tritt, wenn man ihn losläfst, die Bewegung nach der operierten Seite auch unabhängig von allen Eingriffen ein.

Am Sagittalkanal ist es infolge seiner tiefen Lage unmöglich, ein Messer so flach hindurchzuführen, dafs nicht gleichzeitig der membranöse Kanal gestreift wird. Viele Versuche werden durch die Unruhe der Tiere vereitelt, oder durch einen tiefen hypnotischen Zustand, welcher die Reflexthätigkeit vorübergehend manchmal bis zu völliger Reaktionslosigkeit herabdrückt. Tauben geraten nach den Beobachtungen Bertholds leicht, insbesondere nach Durchschneidung der Bogengänge, in eine tiefe Hypnose. Besonders ungeeignet sind aus diesem Grunde sehr junge Tauben. Am besten gelingen die Experimente, wenn man nach Freilegung des Kanals den Kopf leicht mit den Fingern fixiert und ihn allmählich losläfst; die Taube behält dann ihre Beweglichkeit und bleibt doch einige Zeit hindurch in Ruhe, freilich oft genug in hypnotischer Betäubung.

Verfahren **Cyons** (1876).

Der knöcherne Kanal wird mittels einer dünnen, scharfen, elastischen Pincette geöffnet. Der Knochen darf nicht auf einmal durchbrochen werden, sondern er mufs so lange sanft geschabt werden, bis eine kleine Öffnung entsteht. Die Lymphe fliefst aus einer solchen Öffnung nicht aus, und ist bei günstiger Beleuchtung ihre Pulsation wahrzunehmen (die Erklärung dieser Erscheinung s. p. 219). Durch die so gemachte Öffnung dringt man mit einer feinen Schere ein, öffnet dieselbe so weit, dafs sich ihre Blätter

an den Rändern der Öffnung stützen, dringt dann weiter in die Tiefe vor, faſst den membranösen Kanal und durchschneidet ihn. Auf diese Weise ergibt sich eine völlig reine Durchtrennung. Den knöchernen Kanal kann man auch in der Weise weiter öffnen, daſs man mit einer kleinen Pincette, deren eine Branche in die Öffnung eingeführt wird, Stücke desselben ausbricht. Cyon gelang es (1878), alle 6 Kanäle fast ohne Blutung und ohne Nebenverletzung zu durchschneiden.

Methode **Ewalds** (1887).

Die knöchernen (horizontalen) Kanäle werden bei kleinen Vögeln mittels einer kleinen scharfen Pincette, bei gröſsern mittels eines kleinen Hohlmeiſsels freigelegt. Den knöchernen Kanal selbst bohrt man erst mit irgend einem spitzen Instrument an und erweitert dann diese Öffnung durch Herausbrechen von Knochenstückchen. Die schwierigste Arbeit ist die reine und vollständige Durchschneidung des membranösen Bogenganges. Ein Messer eignet sich hierzu nicht, da es schwierig ist, mit seiner Klinge dem unter der schärfsten Schneide weggleitenden membranösen Gebilde beizukommen. (Die eintretenden Erscheinungen sind S. 233 geschildert.)

Voraufgehende Extraktion des Kanals mittels eines kleinen Hakens mit nachfolgender Durchtrennung auſserhalb des knöchernen Kanals ist bequem und führt immer zum Ziel; doch erleidet hierbei der Kanal eine ziemlich beträchtliche Zerrung, welche plötzliche und heftige Bewegungen nach sich zieht.

Die Durchschneidung des Kanals mit einer Schere ist mit einer Zerrung desselben nicht verknüpft, führt dagegen selten zu einer völligen Zertrennung des Kanals bei einmaligem Zudrücken der Schere; nicht selten muſs man die Schere mehrere Male einführen, was natürlich die Reinheit des Versuches beeinfluſst. Zur glücklichen Durchführung der Operation muſs man sich einer sehr dünnen und scharfen Schere bedienen, die beim Einführen in den Kanal so weit zu öffnen ist, daſs derselbe zwischen den Scherenblättern zu liegen kommt. Mit den Blattenden sucht man längs der Innenfläche des knöchernen Kanals vorzudringen, wobei nicht selten ein Blatt eine kleine rauhe Erhabenheit der Wand streift, welche dem weiteren Eindringen ein Hindernis bietet und somit auch die völlige Durchtrennung unmöglich macht. Bevor man aber die Operation für beendigt hält, muſs man sich unbedingt überzeugen, daſs der Kanal wirklich quer durchschnitten ist. Zu diesem Zwecke führt man in die Schnittstelle einen kleinen Haken ein und sucht mit demselben den nicht ganz durchschnittenen Teil zu fassen, wobei allerdings wieder eine Zerrung des Kanals stattfindet. Natürlich gelingt es auch mit einer Schere, vollständige Durchschneidung zu erzielen, wenn auch nicht in allen Fällen.

Um möglichst sicher vorzugehen, konstruierte E. ein besonderes pincetteförmiges Instrument zur Ausführung dieser Durchschneidungen. „Eine kleine glatte Pinzette (bei der sich die beiden Branchen mit glatten Flächen ohne Zähnelung berühren) wurde derartig ausgeschliffen, daſs jede Branche einen möglichst scharfen Meiſsel darstellte. Wurde die Pincette geschlossen, so legten sich die beiden Schneiden zu einer einzigen aneinander, der, durch Abrundung der seitlichen Ecken, die Gestalt eines Halbkreises gegeben wurde. Ich besaſs eine kleinere derartig zugerichtete Pincette und eine gröſsere für kleinere und gröſsere Vögel.“ Vor Einführung der Pincetteenden wird in dem knöchernen Kanal ein ovales Loch angebracht, dessen

Längsaxe mit der Kanalaxe zusammenfällt. Die Spitze der geschlossenen Pincette wird quer zur Kanalaxe nahe dem kurzen Rande dieses Loches in den Bogengang eingeführt. „Bei geringem Druck gegen den Knochen und einigen Bewegungen der Pincette in der Ebene ihrer Schneide mufste der häutige Bogengang zwischen Knochen und Scheide gefafst und zerschnitten werden. Das Verfahren erhält aber erst seine ganze Sicherheit durch die nun folgende Manipulation.

Die Pincette wird nämlich jetzt nach dem nahen Knochenrand hin geneigt, also in einer Ebene, die rechtwinklig auf der Ebene der Schneide steht, und dadurch wird die eine Branche, und zwar diejenige, die bei der Neigung der Pincette nach oben kommt, um ein ganz Geringes gehoben. Es kommt dabei nicht zu einem wirklichen Abheben der Branche von dem häutigen Bogen, sondern nur zu einer Verringerung des Druckes, den diese Branche auf die Unterlage ausübt. Nun läfst man ganz allmählich mit dem Fingerdruck nach, der die Pincette geschlossen hält, und indem dabei mehr und mehr die Federkraft derselben frei wird, kommt es schliefslich zum Abgleiten der mehr nach oben liegenden Branche. Sie gleitet über den Knochen (den Boden des Kanals), während die andere Branche an ihrer Stelle verharrt, und schiebt den durchtrennten häutigen Kanal dabei vor sich hin. Sollte nun auch dieser letztere noch nicht überall durch die ersten Bewegungen der Pincette durchschnitten worden sein, so wird er bei diesem Manöver sicher durchrissen. Die Pincette wird dann herausgezogen, wobei man darauf zu achten hat, dafs beide Branchen einfach abgehoben werden, so dafs keine Verschiebungen des Kanals mehr eintreten können. Ich wiederhole diese Procedur des Öffnens der Pincette im ganzen 3 mal, wobei ich immer von demselben Standort der geschlossenen Pincette ausgehe, aber derselben jedesmal eine andere Neigung in der Ebene der Scheide gebe."

---

6. Der membranöse Kanal wird ohne vorhergehende Öffnung des knöchernen mit einer Nadel verletzt.

Diese Methode Breuers (1875) liefert *ebenso genaue Resultate* wie die vorige und ist mit den technischen Schwierigkeiten nicht verbunden, die bei letzterer bei dem Öffnen der Knochenscheide zu überwinden sind. Sie ist besonders vorteilhaft beim Experimentieren an einem Sagittalkanal. Beim Einstich collabiert der membranöse Kanal. Durch die entstandene Öffnung wird die Endolymphe durch Einführung einer Nadel- oder Borstenspitze hineingedrängt. Möglicherweise fliefst hierbei die Lymphe nicht im Kanal, wie bei einfacher Berührung des gefüllten und unverletzten Kanals, sondern längs der Aufsenwände des membranösen Kanals und der Ampullen. Trotz einer solchen Eventualität ergab sich genau dasselbe Resultat wie bei einfacher Berührung: bei allen drei Kanälen wurde eine zum Kanal parallele Kopfbewegung gegen die Ampullen zu beobachtet.

Da die Stichöffnung oft schwer aufzufinden ist, so ist es zweckmäfsig, die Spitze der Nadel oder der Borste vor dem Einstechen mit Rufs zu bestreichen. Der am Rande des Stichkanals hängen bleibende Rufs markiert die Stelle. Der Versuch gelingt immer am Horizontalkanal; an dem vertikalen und besonders dem frontalen, ist es gut, ihn rasch nach dem Einstich zu machen. Verstreicht längere Zeit, so versagt oft die Reaktion völlig. Es ist anzunehmen, dafs aus diesen Kanälen infolge ihrer vertikalen Stellung die Endolymphe schnell ausfliefst.

Es gelingt, wenn auch selten, durch Aufsaugen der Endo- (oder Peri-)

Lymphe eines Horizontalkanals Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite hervorzurufen.

7. Vorsichtige Eröffnung eines knöchernen Bogenganges an Tauben, ohne Verletzung des Blutsinus noch des membranösen Kanals, aus dem daraufhin ein Stück herausgeschnitten oder -gezogen wird.

Dieses Verfahren wurde zuerst von H. CURSCHMANN vorgeschlagen (1874).

Durch ein möglichst kleines Loch im knöchernen Kanal wurde das membranöse Gebilde mittels einer Pincette gefafst; bisweilen gelang es, dasselbe ganz herauszuziehen und so verschiedene Effekte zu erzielen. Näheres hierüber wird in der betreffenden Schrift nicht erwähnt.

CYON gelang es (1878) einige Male alle 6 membranösen Kanäle samt ihren Ampullen durch kleine Öffnungen in den knöchernen Kanälen von Tauben zu extrahieren. Mikroskopischer Nachweis der gelungenen Operation.

SPAMER (1880). Einzelne Male wurde der knöcherne Kanal nur an den betreffenden Endpunkten eröffnet, an diesen Stellen der membranöse Kanal durchschnitten und das zwischen den Schnitten befindliche Stück zu einer der Öffnungen herausgezogen.

Kritische Bemerkung **Bornhardts** gegen **Curschmann** (1875).

Die Methode von CURSCHMANN ist nicht einwandfrei. Beim Herausziehen tritt notwendigerweise eine beträchtliche Störung nicht nur der entsprechenden Ampulle, sondern auch der Schnecke und der anderen Bogengänge ein, da dieselben insgesamt ein zusammenhängendes Ganze bilden.

Extraktion des Labyrinths nach **Steiner** (1886).

Besonders leicht gelingt die Extraktion des Labyrinths an Haifischen, wie aus den Versuchen J. STEINERS hervorgeht. Die entstandene Höhlung füllte STEINER mit geschmolzenem Paraffin aus. S. 207.

Einseitige oder doppelseitige Entfernung des ganzen membranösen Labyrinths bei Tauben von **Rich. Ewald** (1892).

Dieses Verfahren ist von R. EWALD einwandfrei durchgeführt worden. Wir wollen in nachstehendem einen kurzen Auszug desselben geben. Die Operation wird teils *mit*, teils *ohne* WESTIENsche Lupe (10fache Vergrösserung) ausgeführt. Im folgenden soll die Herausnahme des *rechten* Labyrinths geschildert werden:

1. *Die Vorbereitung zur Freilegung der Kanäle* — ohne WESTIENsche Lupe —.

Die Taube wird sorgfältig geschoren und im Taubenhalter befestigt. Ein etwas gröfseres Hautgefäfs zieht gewöhnlich von der Medianlinie zur äufseren Ohröffnung hin. Um dasselbe zu vermeiden, wird die Haut etwas nach hinten zu verschoben, wodurch der Hautschnitt vor das Blutgefäfs zu liegen kommt. Ersterer wird von einem Punkt der Medianlinie nach der

Ohröffnung hin angelegt und liegt wenige Millimeter vor der durchschimmernden linea semicircularis (Muskelansatz der Nackenmuskeln). Der Hautschnitt wird in der Mitte mit kurzem Messerschnitt begonnen, dann hebt man die Haut mit einer Pincette auf und verlängert den Schnitt bis zur nötigen Ausdehnung mit der Schere. — Mit dem Messer wird nun die Muskulatur von der linea semicircularis abpräpariert und nach unten verschoben. Das Zurückschieben des Muskels geschieht fast auf der ganzen Länge der linea semicircularis, nur ein Stückchen von 2 bis 3 Millimeter an der Medianlinie läfst man unberührt. „Von der linea semicircularis entspringen und werden heruntergeschoben: erstens ein langer und ein kurzer Nackenmuskel. Zwischen beiden liegt das bewegliche Ende des Zungenbeins. Zweitens ein Muskel, der zum Unterkiefer hinzieht, den man eigentlich mehr lateralwärts (nach vorn) als nach unten verdrängt. Der kleine Muskel, der am Orbitalrand entspringt und sich in der Haut verliert, wird ebenfalls nur zur Seite geschoben."

„Sobald die Muskulatur zurückgeschoben ist, sieht man durch die glatte und dünnwandige Knochenwand das grofse Kreuz der Bogengänge durchschimmern." Der als flache Kuppel sich über dasselbe wölbende Knochen mufs ringsum von den Muskeln entblöfst sein.

Das grofse Kreuz teilt das Gesichtsfeld in 4 Quadranten. Quadrant I liegt zwischen den glatten Enden des hinteren und äufseren Ganges. E. bezeichnet die übrigen Quadranten rechts rechtsherum und links linksherum weiter als Quadranten II, III und IV.

2. *Die Freilegung der Bogengänge.*

Von jetzt an bis zum Zunähen der Wunde geht die Operation ausschliefslich unter der WESTIENschen Lupe vor sich: Der Kopf der Taube wird so eingestellt, dafs man den Quadranten III übersehen kann. Der Spiegel an der Lupe beleuchtet das Operationsfeld. Man hebt zuerst das Knochendach über den Bögen ab. Hierzu gebraucht E. 3 Instrumente: 1) einen Excavator zum Abheben des Knochens, 2) eine Uhrmacherpincette zum Herausholen der Knochensplitter, zum Abbrechen von Knochenstücken u. s. w., 3) ein Stichmesser (nach E.s Angaben), „um die Grenzen, bis zu denen man die Schädeldecke entfernen will, gewissermafsen abzustechen". Auf zweierlei mufs man vorbedacht sein: 1) „In unmittelbarer Nähe der die Bogengänge begleitenden sinus mufs man vorsichtig zu Werke gehen. Die sinus bestehen aus einem knöchernen Kanal, in dem sich die Vene befindet. Die Wand dieses Kanals ist so zart und liegt dem Knochen so dicht an, dafs eine Verletzung der knöchernen Wandung fast unfehlbar zu einer Blutung führt." Selbst bei einer geringen Blutung soll man von einer weiteren Operation abstehen. 2) „In den kleinen Knochenspangen, welche die knöcherne Hülle des sinus mit dem übrigen knöchernen Maschenwerk zwischen den Bogengängen verbinden, verlaufen zuweilen ganz kleine Seitenäste zu dem sinus selbst." Auch durch Läsion dieser Knochenspangen kann eine mehr oder weniger starke Blutung erfolgen. Gewöhnlich ist sie gering und kann durch Tupfen mit einem nassen kalten Schwämmchen gestillt werden. — Es ist demnach gut, diese kleinen Spangen nicht gleich abzureifsen, sondern sie durch mehrmaliges Hin- und Herbiegen abzubrechen, wobei sich ihr kleines Lumen schliefst.

3. *Die Entfernung der Blutgefäfse.*

Mittels Galvanokauters wird ein gröfseres Stück des sinus externus und ein kleineres des Sinus posterior beseitigt, um später das grofse Kreuz sowie den canalis externus wegnehmen zu können. Die erste Brandstelle liegt am canalis posterior, aber nicht weit von der Stelle, wo der sinus auf den

canalis ext. umbiegt. Die zweite Brandstelle liegt dicht vor der ampulla externa (S. l. c. p. 107.) Man brennt durch die dünne Knochenwand hindurch. Das zu entfernende Stück des Blutgefäfses bildet nun einen beiderseitig geschlossenen, mit Blut erfüllten Schlauch, welcher in seiner ganzen Länge von seiner Unterlage abgekratzt wird. Damit das in ihm enthaltene Blut nicht in das Operationsfeld fliefse, mufs der Raum unterhalb des grofsen Kreuzes zuvor mit Fliefspapier ausgefüllt werden.

4. *Die Freilegung des Labyrinths.*

Nachdem der sinus entfernt ist, werden zwei Sägeschnitte mit einer von E. angegebenen Handsäge ausgeführt. Der erste Sägeschnitt geht dicht an der Brandstelle vorbei und durchschneidet schräg den canal. post. und den canal. ext. Der zweite geht quer durch den canal. ext. dicht über der Ampulle. Durch diesen Schnitt fällt ein grofses Stück des canal. ext. ab. Darauf wird das grofse Kreuz entfernt, indem man so viel herunterbricht, als es der sinus ant. gestattet. Jetzt übersieht man die Decke des vestibulum in ihrer ganzen Ausdehnung. Bevor man an ihre Entfernung, welche den schwierigsten Teil der ganzen Operation bildet, herangeht, mufs noch der häutige canal. ant. durchschnitten werden, da man ihn sonst nicht mit dem vestibulum herausziehen könnte. „Man bohrt also den knöchernen Kanal dicht über seiner Ampulle mit dem Bohrer an, erweitert das Loch mit der Fräse, hebt dann mit einem kleinen Haken den häutigen Kanal heraus und durchschneidet ihn mit der Schere. Die Abtragung der Decke des vestibulum geht von dem foramen communicans aus. Man geht mit der kleineren Horizontalzange in das Loch ein und bricht von seinem Rande ein Stückchen nach dem andern fort. Dabei ist man stets bedacht, denjenigen Rand des Lochs, den der sinus externus umläuft, unberührt zu lassen. Sobald das Loch auf diese Weise genügend erweitert ist, um mit der gröfseren Horizontalzange eindringen zu können, arbeitet man mit dieser schneller und gelangt bald bis zu den Fufspunkten der ampulla post. und ext. Ich höre nun mit dem Abbrechen der Vestibulardecke zunächst auf, wende mich zu den Stümpfen des canal. post. und canal. ext., deren konkaven Rand, also den der Ampulle benachbarten, ich mit dem Excavator abtrage, und eröffne auf diese Weise erst die Kanäle, dann auch die Ampullen selbst. Durch die Fortnahme der mehr nach aufsen und unten gelegenen Wände der beiden Ampullen gelangt man zu dem vom foramen communicans aus geschaffenen Defekt, und es bleibt dann nur noch die äufsere Fläche der ampulla ant. und ein kleiner Teil der Vestibulardecke zwischen dieser Ampulle und dem Beginn vom canal. ext. übrig.“ Der in Betracht kommenden Wand ist sehr schwer beizukommen. Es genügt aber, wenn man sie mit dem Bohrer anbohrt und das Loch mit der Fräse erweitert. Die übrigbleibenden kleinen Knochenbrücken sind dann leicht zu entfernen. „Den Schlufs der Freilegung des Labyrinths bildet die Herausnahme des Stäbchens und der columella.“ „Es genügt, mit der gekrümmten Scherenpincette einzugehen, das Stäbchen zu packen, abzubrechen und herauszuziehen. Dadurch wird zu gleicher Zeit die fenestra rotunda zerstört und die columella gelockert. Auch sie ergreift man mit der Scherenpincette, und ein etwas stärkerer Zug genügt, um sie in toto herauszureifsen.“

5. *Die Herausnahme des freigelegten Labyrinths.*

„Mit einem kleinen Haken werden zuerst die noch in den Ampullenenden der Kanäle befindlichen Bogengangstücke herausgeholt und über die Ampullen selbst gelegt. Darauf dringe ich mit demselben Haken unter die

Ampullen vor und reifse hier die zu ihnen gehenden Nervenäste durch. Die Bestandteile des ganzen Labyrinths — auf die Schnecke wird vorläufig keine Rücksicht genommen — werden nach der Mitte umgelegt, und man kann dann unter diesen sich bildenden Klumpen herunterfahren und ihn vom Boden lösen. Schliefslich packe ich das Ganze mit einer geraden Scherenpinzette, indem ich mit dieser möglichst weit bis zum Ursprung der glatten Enden der Kanäle vorzudringen suche, und ziehe das ganze Organ heraus.

Die Entfernung der Schnecke bietet nun keine Schwierigkeiten mehr. Man ergreift sie mit einer gekrümmten Scherenpincette und zieht sie ohne weiteres aus dem langen Schneckenkanal hervor."

„Wenn das ganze Labyrinth entfernt ist, kann man die Stümpfe der durchtrennten Octavusäste betrachten und untersuchen."

---

8. Vorsichtige Eröffnung des knöchernen Bogenganges an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, welcher zur Vermeidung von Verletzungen der Nachbarteile durch Einführung einer feinen Sonde nach rechts und links zerstört wird.

Dieses Verfahren ist von **Schklarewsky** (1871) vorgeschlagen worden. Ihm folgte bisweilen **E. Berthold** (1874).

Über Mattes Versuche s. Seite 256.

Kritische Bemerkung **J. Blochs** (1873).

l. c. p. 16. „Abgesehen davon, dafs man bei dieser Methode schwerlich kontrollieren kann, ob der membranöse Kanal durchschnitten ist oder nicht, hat dieselbe noch den Übelstand, dafs bei ihrer Anwendung der n. acusticus an seiner Wurzel leicht gedehnt oder gezerrt werden kann. Um sich von der Richtigkeit unserer Bemerkung zu überzeugen, braucht man nur nach Präparation des acusticus an seiner Ursprungsstelle im Gehirn den membranösen Kanal zu zerren und wird dann leicht wahrnehmen, dafs der n. acusticus von dieser Zerrung mitergriffen wird."

---

9. Vorsichtige Eröffnung des knöchernen Kanals an Tauben ohne Verletzung des Blutgefäfses oder des membranösen Kanals, der nicht durchschnitten, sondern komprimiert wird.

Die Kompressionsmethode der Kanäle wurde zuerst von Cyon vorgeschlagen (1878). Er bediente sich hierzu der Laminaria. R. Ewald erreichte dasselbe mittels einer Zahnplombe. (Die Erscheinungen siehe S. 222.)

Plombierungsmethode der Kanäle nach **Ewald** (1888, 1892).

Nach der Eröffnung der Bogengänge fliefst die Peri- und Endolymphe in die Luftzellen des Schädelknochens, zersetzt sich und erregt Entzündungen. Den ursprünglichen Symptomen nach der Durchschneidung der Kanäle folgen nach einigen Tagen, durch diese Entzündungen bedingt, sekundäre Symptome.

Um das Ausströmen der Flüssigkeit zu verhindern, ist es unerläfslich, dafs man die in den Kanälen gebohrten Löcher wieder fest und dauerhaft verstopft. Dieses gelingt mittels der Plombierungsmethode.

Von gröfster Wichtigkeit ist es, auch den häutigen Kanal zu verschliefsen, was von anderen Autoren, welche mitunter den geöffneten knöchernen Bogengang wieder zu verschliefsen versucht haben, bis jetzt nicht ausgeführt worden ist. (1892:) „Je nachdem man den Kanal wirklich durchtrennen will oder nur einen absperrenden Verschlufs in ihm herzustellen wünscht, kommen zwei etwas verschiedene, im wesentlichen aber auf dasselbe hinauskommende Methoden zur Verwendung."

a) *Plombierung der Kanäle mit nachfolgender Durchschneidung.*

Eröffnung des canal. externus. Hautschnitt wie oben, nur kleiner. Zunächst Anlegung von 2 Sinusligaturen; die eine komprimiert den sinus an einer Stelle, die nicht weit vom Kreuz entfernt ist, die zweite in einem Abstand von 2,5—3 mm von der ersten.

Anlegung der Ligatur: Eine Drahtligatur genügt nicht. — E. gibt folgende Methode an. An den knöchernen Kanal wird ein Stück eines 1 mm dicken Gummifadens mit quadratischem Querschnitt *angelegt* und dann um den sinus, den Kanal und das Gummistück ein seidener Faden (chir. Seide 0,35 mm Dicke) geschlungen, der über dem Kanal nur einmal durchzuschlingen ist. Auf die Kanalschlinge legt man einen kleinen Messingcylinder von 1,2 mm Durchm. und 5 mm Länge, der hohl ist und durch den ein an beiden Enden geknoteter Faden gezogen ist (damit der Cylinder an demselben später wieder herausgezogen werden kann). Über dem Messingcylinder wird der Seidenfaden fest und doppelt zusammengeknotet. Entfernung des Messingcylinders am erwähnten Faden. In die zurückbleibende ringförmige Fadenöse geht man mit der von E. angegebenen Ligaturzange ein und öffnet dieselbe, wodurch die Fadenöse erweitert, die um den Kanal, sinus und Gummifaden gelegte Schlinge aber auch fester angezogen wird und so den sinus und das Gummistück komprimiert.

Damit nun nach Schlufs und Entfernung der Ligaturzange die Ligatur durch die elastische Kraft des Gummistücks nicht wieder aufgezogen werde, bringt man auf die Fadenschlinge mit einem spitzen Pinsel ein wenig ätherischen Kopallacks. Derselbe erteilt in wenigen Sekunden der Schlinge eine solche Festigkeit, dafs man die Ligaturzange ohne Gefahr schliefsen und entfernen kann. Das Gummistück komprimiert nun immer mehr, so dafs nach 24 Stunden die Knochenkanten geschmolzen sind, der Sinusraum unter der Schlinge vollständig ausgefüllt und das Blut im sinus geronnen ist. Man kann die Ligatur nunmehr entfernen.

Plombierung. E. empfiehlt Arrington's Gold-Amalgam. Eine kleine Messerspitze dieses Pulvers wird mit 2 – 3 stecknadelkopfgrofsen Kügelchen Quecksilber (aus einer Quecksilber-Schleuderflasche) in Fletscher's Reibschale bis zu einer dickbreiigen Konsistenz verrieben. Das überschüssige Quecksilber wird durch Druck zwischen Daumen und Zeigefinger ausgepreſst und durch eine schnelle Handbewegung fortgeschleudert. Der auf diese Weise entstandene Amalgamkuchen wird auf ein reines Stück Papier gelegt und mit einem scharfen Messer in kleine Würfel geschnitten. Die Konsistenz ist gut, wenn die Oberfläche des Amalgams nicht flüssig, sondern matt glänzend aussieht, und der Kuchen weder bröckelt noch die einzelnen Stücke ineinander fliefsen.

In der Mitte zwischen den beiden Ligaturen wird mit dem Metallbohrer (von E. angegeben) von 0,7 mm Durchmesser ein kleines Loch gebohrt. Sobald Perilymphe hervortritt, hört man auf zu bohren. Erweiterung des kleinen Lochs mit der Fräse. Fortschaffung der Perilymphe mittels Fliefspapiers. Nach einiger Zeit wird das Nachströmen der Perilymphe so lang-

sam, dafs man deutlich die Luft beiderseits in dem durchschimmernden Kanal erkennt. Nun stopft man mit dem Stopfer flink einen Amalgamwürfel nach dem andern in das Loch hinein. Dazwischen berührt man das im Loch befindliche Amalgam immer wieder mit Fliefspapier, bis es nicht mehr nafs wird. Ist das Loch zunächst gefüllt, so geht man mit dem Glätter in das Loch ein und drückt das Amalgam nach beiden Seiten. Trocknung mit Fliefspapier. Weitere Einführung von ein oder zwei Amalgamwürfeln, dann nochmaliges Aufdrücken mit dem Glätter u. s. f. Die Plombe soll 1 mm jederseits im Kanal über das Loch hinausreichen. Ein Zeichen, dafs die Plombe gut schliefst, ist es, wenn ein Fliefspapierstückchen, welches auf dieselbe gedrückt wird, ganz trocken bleibt. Dann wird die Plombe mit einem dicken Glätter, welcher in das Loch nicht eindringen kann, geglättet und durch leises Aufschlagen gedichtet. Kleine überschüssige Amalgammassen werden mit der Pincette fortgenommen. Schliefslich hat man die spiegelglatte etwas konkave Plombe vor Augen.

Durch die Plombe wird der häutige Kanal hart an die Knochenwand gedrückt. Die Plombe mufs nun zunächst erstarren. Zu diesem Zweck schliefst man die Hautwunde durch einige Heftpflasterstreifen und überläfst das Tier sich selbst.

Nach 24 Stunden öffnet man die Wunde wieder. Der sinus sieht schwarz aus. Ein Stück von ihm zwischen den Ligaturen wird mit dem Excavator entfernt. Der Bogengang wird nun mit der kleinen Handsäge durch die Plombe hindurch einfach durchgesägt, wobei nicht allzuschnell vorgegangen werden soll. Auch darf der angewandte Druck nicht allzustark sein.

War die Plombe gut eingesetzt, so tritt weder beim Durchsägen noch nachher eine Spur von Bogenflüssigkeit aus. Die Ligaturen werden entfernt und die Wunde wird durch einige Nähte verschlossen.

b) *Die einfache Plombierung der Kanäle.* Wie a) nur ohne Durchschneidung der Plombe nach Unterbindungen und Entfernung des sinus.

Die in vorstehendem aufgeführten Methoden der Zerstörung oder Verletzung der Kanäle sind nicht auf jeden Bogengang anwendbar. Die überwiegende Mehrzahl der Versuche wurde an dem frontalen und an dem horizontalen Bogengange von Tauben angestellt. Nur bisweilen, und meist ungern, experimentierte man am sagittalen, bei dem eine Verletzung wegen seiner tiefen Lage fast stets von irgend welchen unerwünschten Komplikationen begleitet war. Deshalb sind, selbst bei Vögeln, sehr wenig Versuche an diesem Bogengange ausgeführt worden. (S. 244, 245, 247, 249.) Über Erscheinungen, die beim Kaninchen durch Verletzung des sagittalen Bogenganges hervorgerufen werden, existiert nur *eine einzige* und nicht einmal vollständige Beobachtung von Flourens. (S. 284.) Derartigen Versuchen ist, wie wir S. 598 gesehen haben, die ungünstige Lage der Bogengänge hinderlich.[349]) Dagegen kann man an den Bogengängen vom Meerschweinchen auf eine grofse Strecke hin mit grofser Genauigkeit eine lokalisierte Verletzung vornehmen. Der Verfasser behält sich Mitteilungen über seine dies-

[349]) W. Krause. Die Anatomie des Kaninchens in topographischer und operativer Rücksicht. 2. Aufl. Mit 161 Figuren in Holzschnitt. Leipzig, 1884, p. 1—381. p. 173—183. Ohr.

bezüglichen Beobachtungen und Versuche auf eine spätere Zeit vor. Indessen haben trotz dieser grofsen Lücke viele Autoren kategorische Schlüsse auf die Bedeutung des sagittalen Bogenganges gezogen.

Die freigelegten Bogengänge können, wie wir gesehen haben, aufser mechanischen, auch noch *chemischen, thermischen* und *elektrischen* Reizen ausgesetzt werden. Die hierbei beobachteten Erscheinungen und die Methode der Reizung sind höher oben beschrieben worden.

Mechanische Reize.

Über dieselben haben wir zur Genüge gesprochen, sodafs wir auf eine weitere Wiederholung verzichten können.

Chemische Reize

wurden durch Behandlung der knöchernen oder membranösen Bogengänge mittels folgender Substanzen: Kochsalz in Lösung und in Krystallform (Löwenberg), Liquor ferri sesquichlorati, 2procentige Höllensteinlösung, Liq. ammon. caust. (Spamer), 25procentige Chloralhydratlösung (Vulpian), starke Morphiumlösungen (Berthold) bewirkt. Die dabei beobachteten Erscheinungen sind höher oben beschrieben worden (S. 260—262).

Reizung durch Hitzeeinwirkung

wurde zum erstenmal von Bornhardt (1875) auf die Bogengänge ausgeübt. Derselbe schildert dieses Verfahren folgendermafsen:

l. c. p. 91. „Das Versengen der Bogengänge geschah mittels eines eisernen Drahtes. Seine Länge betrug 7 cm, seine Breite 1 mm; sein Ende war stumpf. Nachdem ich an einer gewissen Stelle die transparente Knochenscheibe, die auf dem knöchernen Kanal liegt, abgehoben hatte, legte ich die bis zur Rotglut erhitzte Endfläche des Drahts 10—20 Sekunden lang unmittelbar an die Wand des Kanals, d. h. des nicht eröffneten *knöchernen Kanals*, an. Um die Wirkung der strahlenden Wärme zu annullieren, legte ich, vor dem Versengen ein feuchtes Stück Tuch auf die Wunde, das mit einem kleinen, der Brennstelle entsprechenden Loch versehen war."

Spamer führte (1880) das Versengen mit einem Thermokauter oder einem über einer Spiritusflamme erhitzten Nagel aus.

Um bei Reizung durch Hitzeeinwirkung ein zuverlässiges Bild zu erhalten, rät (1888) Breuer davon ab, eine allzugrofse Hitze auzuwenden, die die Gewebe schnell zerstöre. Es wäre wünschenswert, dafs der Galvanokauterdraht nicht allzuheifs sei. Es empfiehlt sich darum, die beiden Platindrahtenden so mit einander zu verflechten, dafs das eine Stück weit vorsteht. „Man hat dann einen Reizträger, dessen Spitze sehr umschränkt reizt, und diese wird noch immer heifs genug für den Erfolg des Versuchs".

Die durch Hitzeeinwirkung hervorgerufenen Erscheinungen sind S. 262—265 aufgeführt.

Reizung durch Kälteeinwirkung

wurde zuerst (1875) von Bornhardt, dann (1880) von Spamer und 1888 von Breuer auf die Bogengänge versucht. Bornhardt kühlte dieselben durch Anlegen zugespitzter Eisstückchen und durch Ätherisation ab. Vor der Ätherisation wurde ein feuchtes Stück Tuch, das, entsprechend der Kühlstelle, eine freie Öffnung hatte, aufgelegt.

Dieser Methode bediente sich auch Spamer. Breuer erzielte denselben Effekt dadurch, dafs er aus einer Pravazschen Spritze auf die knöchernen Ampullen der sorgfältig freigelegten Bogengänge Eiswasser tröpfelte. Das ganze Instrument mufs abgekühlt und die Kanüle aufsen völlig trocken sein. Durch einen leisen Druck auf den Kolben läfst man einen kleinen Tropfen auf die Oberfläche der Ampulle fallen. Dieses Verfahren ist nur auf die frontale Ampulle mit Vorteil anzuwenden.

Für die beiden anderen (die sagittale und die horizontale Ampulle) eignet sich Wasser nicht, da es nach ihnen abfliessend die anderen, tiefer liegenden Ampullen reizen würde. Zu diesem Zweck wurde trockene Kälte in Gestalt von stark abgekühlten Metallinstrumenten, z. B. ein Zahnexcavator angewandt. Man kühlt denselben in Quecksilber ab, das in eine Kältemischung gebracht worden ist. Hier kann man das Instrument, ohne es abwischen zu müssen, direkt an die gewählte Stelle anlegen.

Die von diesen Autoren erhaltenen Resultate sind S. 265—267 beschrieben.

v. Stein bediente sich bei seinen Versuchen kondensierter Kohlensäure und des Chlormethyls, wodurch an chloroformierten Tieren das ganze Gehörorgan zum Gefrieren gebracht werden kann. Der Verfasser gedenkt bei einer andern Gelegenheit auf die hierbei erzielten Resultate zurückzukommen.

Elektrische Reizung der Bogengänge.

Berthold (1874) hat zuerst zur Reizung der Bogengänge Elektroden aus dünnen Silberdrähten angewandt. Breuer schlug anfänglich (1874) dasselbe Verfahren ein. Cyon (1876) bediente sich als Elektroden zweier dünner Golddrähte, die hakenförmig gebogen waren. Behufs ihrer Einführung wurden im Bogengang zwei Löcher gebohrt. Infolge der Bewegungen des Tieres gelang es Cyon nicht, den Reiz zu lokalisieren.

Spamer reizte (1880) die Bogengänge durch zwei dünne Platin- oder Kupferdrähte, deren Enden entweder auf die Bogengänge aufgesetzt oder in einiger Entfernung von einander um die Bogengänge geschlungen wurden. Hierbei wurden die Kanäle nicht selten unter starker Blutung von den Drähten durchtrennt. Es gelingt, den Draht um den vorderen Abschnitt des horizontalen und um den oberen Abschnitt des frontalen Bogenganges zu wickeln. Schwieriger ist dieses am hinteren Abschnitt des ersteren und am unteren Abschnitt des letzteren; fast ganz unausführbar ist es an alten Tauben. Das blofse *Anlegen* der Elektroden an die Bogengänge ist nicht statthaft, weil der Kopf hierbei fixiert werden mufs und somit die Beobachtung der Reizungserscheinungen benachteiligt wird. Die Versuche wurden in der mannigfachsten Weise variiert.

Den Induktionsstrom fand (1888) Breuer zur elektrischen Reizung der Bogengänge ungeeignet. Deshalb galvanisierte er sie, indem er die Stromstärke mittels Rheostats regulierte. Als Elektroden dienten feinste vergoldete Nähnadeln, die in ihrer ganzen Länge mit Ausnahme der 3—4 mm langen freien Enden durch eine dünne Schicht Siegellack isoliert waren. Am Öhre waren sie leitend mit feinstem übersponnenem Kupferdraht verbunden, dessen anderes Ende in einen Quecksilbernapf tauchte. Während der Reizung müssen beide Elektroden an Ampullen und Bogengang stehen, da sich die Applikation der einen am Körper der Taube als unbrauchbar erwies. Der Taube wurden die Beine und Flügel zusammengebunden und die Reaktion nur nach den Bewegungen des Kopfes allein beurteilt. Die

Stellung der Elektroden bei Versuchen an verschiedenen Ampullen ist bereits früher angegeben worden.

Die Resultate der Versuche mit elektrischer Reizung sind S. 267 – 268 angegeben.

B. Methodik der Versuche an der Schnecke.

Die experimentellen Methoden, die man zur Erforschung der Funktion der Schnecke bis jetzt eingeschlagen hat, bestehen in einer groben massigen Zerstörung der Schnecke; sie sind demnach mehr oder weniger roh. Die experimentelle Technik befindet sich auf diesem Gebiete noch im Entwickelungsstadium.

Flourens lädierte nicht die Schnecke, sondern schnitt den Schneckenast des n. acusticus durch. Erst Munk und Gellé nahmen (1881), ersterer an Hunden, letzterer an Meerschweinchen, eine grobe Zerstörung der Schnecke vor.

Die Methode von **Gellé** [145]) und ihre Mängel sind bereits früher (S. 168) erörtert worden.

Methode **Munk** [129]) und **Baginskys** (1881 und 1883).[130])

M. und B. bedienten sich zur Freilegung der Paukenhöhle der Methode von Heidenhain. Sie eröffneten die bulla ossea und brachen dann die erste Windung der Schnecke des Hundes mittels eines durch das runde Fenster eingeführten Pfriemens ab. Diese Operation mufs mit einiger Vorsicht ausgeführt werden, da bei Anwendung zu grofser Kraft die Schnecke leicht ganz wegbricht, wobei das Versuchstier Bewegungsstörungen zeigt. Die ganze Operation verläuft fast unblutig und dauert 1—2 Minuten. Bricht man das Promontorium auf eine kurze Strecke weg, so wird der Hund nicht ganz taub, sondern beginnt nach 14 Tagen tiefe Töne und Geräusche wieder zu vernehmen. Wahrscheinlicherweise wird die Taubheit dadurch bedingt, dafs bei der Eröffnung der Schnecke Peri- und Endolymphe ausfliessen. Später verheilt das Labyrinth unter Narbenbildung; die Lymphe sammelt sich wieder an und der nicht zerstörte Teil des Labyrinths beginnt zu funktionieren. Um völlige Taubheit zu erzielen, nahm man eine kombinierte Zerstörung vor: auf der einen Seite wurden die „Hörsphären" des Gehirns weggeschnitten, auf der anderen die ganze Schnecke zerstört. Auf diese Weise gelang es, ein Ohr vollständig auszuschalten.

Methode **Pollaks** (1886).

P. zerstörte die Schnecke mit dem Trepan (S. 168).

Methode **Corradis** (1891).[132])

C. führte die Verletzung der Schnecke mittels einer glühenden Nadel aus oder zerstörte sie nach dem Verfahren von Gellé.

Die bei diesen Methoden beobachteten Erscheinungen sind S. 169 beschrieben worden.

Der Hauptnachteil aller angeführten Methoden besteht darin, dafs mit der Zerstörung der Schnecke ein Ausfliefsen der Peri- und zum Teil auch der Endolymphe sich nicht vermeiden läfst, wodurch unbedingt auch die Funktionsbedingungen der übrigen Teile des Labyrinths andere werden müssen. Dieser Umstand veranlafste v. Stein, die *intracapsuläre* Zerstörung der ganzen Schnecke vorzunehmen, welche S. 613 beschrieben ist und bei welcher intralabyrinthäre Flüssigkeit nur in äufserst geringer Menge ausfliefst. Auch kommt es nach dieser Methode zu keiner Eiterung, die Heilungsverhältnisse sind demnach bedeutend günstigere. Die Öffnung ätzte v. St. mit Trichloressigsäure, wodurch ein aseptischer Schorf erzielt wurde. Mittels einer Pravazschen Spritze konnte man aufserdem irgend eine antiseptische Flüssigkeit in das Innere der Schneckenkapsel injizieren.

Eine partielle, möglichst lokalisierte Zerstörung des Endapparats der Schnecke erreichte der Verfasser auch dadurch, dafs er mit einer feinen Nadel die einzelnen Windungen der Schnecke durchstach.

Eine gänzliche intrakapsuläre Zerstörung kann auch durch *Elektrolyse* erzielt werden, wobei als Elektrode ein sehr dünner Platindraht durch die vorhin geschaffene Öffnung in die Schnecke eingeführt wird.

Die Elektrolyse ist aber nicht auf alle Teile der Schnecke anwendbar.

Vor einigen Jahren gab Verfasser noch einen anderen Weg an, auf dem die Feststellung der funktionellen Bedeutung der Schnecke und vielleicht auch anderer Teile des Labyrinths möglich sein dürfte. Von der bereits längst konstatierten Thatsache ausgehend, dafs durch starke Schalleinwirkungen auf das Gehörorgan eine Abnahme des Gehörs, sogar Taubheit, eintritt und dafs sich hierbei auch subjektive Geräusche einstellen, suchte v. St. eine Degeneration einzelner Elemente des Endapparats durch andauernde Reizung derselben mittels ein und desselben Tones zu erzielen. Dafs die Nervenendelemente durch andauernde Schalleinwirkung zerstört werden, ist von Habermann (1890) nachgewiesen worden (S. 136). Aufserdem beobachtet man an Leuten, die an Telephonapparaten angestellt sind, nicht selten zunehmende Gehörschwäche und an solchen, die bereits an chronischen Ohraffektionen leiden, eine Verschlimmerung des Krankheitsprozesses. In diesen Fällen sind die pathologisch-anatomischen Veränderungen mikroskopisch noch nicht genau erforscht worden. Alle diese Thatsachen weisen darauf hin, dafs mittels der vom Verfasser vorgeschlagenen Methode immerhin etwas erreicht werden kann.

Bei den ersten Versuchen des Verfassers mit der Reizung des Hörorgans durch Töne setzte er die Meerschweinchen in einen Kasten, über dem ununterbrochen eine Stimmgabel tönte. Die Folge hiervon war eine *Star*bildung an den Augen der betreffenden Tiere.

Inwieweit die im Ohr vorgefundenen Veränderungen auf die Einwirkung der Töne zurückzuführen sind, läfst Verf. dahingestellt sein.

Star durch Töne erzeugt.

Vorläufige Mitteilung von Dr. STANISLAUS v. STEIN, Ohrenarzt in Moskau. [Nach einem in der physico-medicinischen Gesellschaft in Moskau am 8. Dezember 1886 gehaltenen Vortrage.]*)

Der Star wurde experimental auf folgende Weise erzeugt:

1. Durch ein Trauma.

2. Durch Änderung physikalischer Bedingungen.

MICHEL[1]) (1882) beobachtete eine Linsentrübung, wenn er Stücke Eis auf den bulbus applizierte. Dieselbe Erscheinung wird durch Äther und höhere Temparaturen erzeugt.

3. Durch lokal auf die Linse wirkende Reagentien.

DEUTSCHMANN[2]) wirkte auf Schafs- und Schweinslinsen mit konzentrierten Kochsalz- und Zuckerlösungen; das Resultat war eine Kerntrübung. Injektionen von 5% Zucker- und 2,5% Kochsalzlösung in die vordere Kammer bedingten eine oberflächliche Trübung.

4. Durch Infusion chemischer Stoffe in die Blutbahn.

KUNDE[3]) (1857) und später MITSCHEL[4]) (1860) erhielten eine Linsentrübung durch Injektion von Kochsalz- und Zuckerlösungen in das Blut.

5. Endlich beobachtete ich einen Star durch Reizung der Nerven durch Stimmgabeln.

Ich experimentierte auf Meeerschweinchen. Jedesmal wurde eine gründliche Inspektion der Augen unternommen; die Medien erwiesen sich stets durchsichtig. Auf diese Weise wurde die *natürliche* Trübung, welche bei jungen Tieren beobachtet wird (RITTER,[5]) HENLE[6]), ausgeschlossen. Darauf kamen die Meerschweinchen in einen Kasten, auf dem man eine elektrische Stimmgabel befestigte. Ohne das Instrument in Gang zu bringen, verweilten dort die Meerschweinchen ein paar Tage, ohne jegliche Veränderungen am Auge zu bekommen. Auf diese Weise wurde noch ein Moment, die schwüle Luft des Kastens, ausgeschlossen.

Zwei Tage altes Meerschweinchen. Stimmgabel D mit 100 V.

Die erste Zeit ist das Tierchen unruhig und schreit. Respiration und Herzschlag beschleunigt. Nach 3—4 Stunden erhält man eine starke Erweiterung der Pupille, die auf Licht sehr träge reagiert. Nach ca. zwölf Stunden bemerkt man auf der hinteren Linsenfläche eine Sternfigur, deren Strahlen wie Vogelfedern aussehen, besonders gegen den Äquator. Eine allgemeine leichte Trübung der Linse. Diese Erscheinungen dauern ca. 24 Stunden. Allmählich wird der centrale Teil durchsichtiger, die Sternfigur wird blafs, um endlich ganz zu verschwinden. Unterdessen aber erscheinen an der hinteren Linsenfläche, vom Äquator ausgehend, drei weifslich graue dreieckige Flecke, deren Basis sich an der Peripherie befindet. Bis zum Centrum gelangen dieselben nicht. In 4—5 Tagen, bei fortwährender Wirkung der Stimmgabel, verschwinden alle Erscheinungen.

Drei Tage altes Meerschweinchen. Stimmgabel mit 250 V. Erst nach 24

---

*) Aus dem Centralblatt für praktische Augenheilkunde 1887. — Januarheft.

[1]) Über natürliche und künstliche Linsentrübungen. Festschrift zur Feier des 300jährigen Bestehens der Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg.

[2]) Tagebl. der Wiesbadener Naturforscher-Versammlung, S. 69, und Berlin. klin. Wochenschr. 1875 S. 21. — Untersuchungn. zur Pathogenese der Cataracta v. GRÄFEs Arch. f. Ophth. XXIII S. 112.

[3]) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. VIII S. 466.

[4]) Amer. Journal of med. Science. 1860.

[5]) RITTER, Zur Histologie der Linse. v. GRÄFEs Arch. f. Ophth. XXII S. 255.

[6]) HENLE, Zur Antomie der Krystalllinse. Göttingen 1878.

Stunden bemerkt man eine Sternfigur auf der vorderen Linsenoberfläche. Am 2. Tage erscheint eine solche auf der hinteren Oberfläche. Der weitere Gang wie im ersten Falle.

Fünf Wochen altes Schweinchen. Stimmgabel mit 100 V. Nach ca. 48 Stunden dreieckige Flecke von ganz weifser Farbe, welche den ganzen Äquator einnehmen und mit ihren abgestumpften Spitzen das Centrum nicht erreichen. In einer Woche ist alles verschwunden.

In dieser Richtung wurden 18 Experimente gemacht und alle gaben ein positives Resultat.

Die durch Enucleation entfernten Augen zeigten bald eine cataracta stellata anterior, bald eine cataracta stellata posterior, bald eine cataracta corticalis posterior, oder eine Kombination aller dieser Formen.

Bei den erwachsenen erhielt ich infolge vielleicht mangelhafter Wirkung der Stimmgabeln keinen Star. Die Experimente mit Stimmgabeln von 500, 1000 etc. Vibration sind noch nicht abgeschlossen.

Der Augengrund war im Anfange der Stimmgabelwirkung ein wenig hyperämiert. Die Meerschweinchen safsen immer im Dunkeln. Wird man dasselbe Resultat bei Lichte erhalten?

Eine befriedigende Erklärung der oben geschilderten Erscheinungen zu geben, ist einstweilen jedenfalls nicht möglich, wenn man sich nicht im Aufbauen von Hypothesen verlieren will. Jetzt konstatiere ich nur die Thatsachen, welche fast sämtlichen Augenärzten in Moskau gezeigt wurden. — Fernere Untersuchungen, die ich mit einer Methode der permanenten Stimmgabelreizung erzielt habe, folgen in einer gröfseren Arbeit.

Wie kam ich auf die Idee, die Stimmgabeln zu gebrauchen? Ich arbeite über die Funktion der Schnecke. Nachdem alle mehr oder weniger bekannten Methoden ausprobiert waren, und dabei keine mich so weit befriedigte, um einen Beweis oder Gegenbeweis für oder gegen die HELMHOLTZsche Hypothese zu liefern, wollte ich durch Überreizung der spezifisch — wenn das wirklich der Fall wäre — für jeden Ton bestimmten Nervenfasern mit Stimmgabeln eine Degeneration verursachen, um auf diese Weise nicht von der Laune des Experimenttieres abzuhängen, sondern im mikroskopischen Befunde ein objektives Merkmal zu haben. Der erzeugte Star ist in dieser Hinsicht ein guter und sicherer Indikator, welcher uns vielleicht die Möglichkeit, die Funktion einzelner Teile des Ohres zu ergründen, gewähren wird. Ob ich eine definitive Degeneration der Nervenfasern erreichen werde, wird die Zukunft zeigen.

STANISLAUS v. STEIN. *Über die Stimmgabelwirkung bei den Meerschweinchen.*

Während der Tagung des 2. Kongresses der russischen Ärzte in Moskau (physiologische und ophthalmologische Sektion) habe ich einen Vortrag mit Demonstration über den Star, der bei den Meerschweinchen durch permanente Wirkung von elektrischen Stimmgabeln erzeugt wurde, gehalten. Schon damals habe ich mich dahin geäufsert, dafs die Starbildung entweder durch den *Ton allein,* oder durch die *regelmäfsigen Luftschwingungen* bedingt wird. Auf welche Teile des Organismus wirken denn die Schwingungen, und ob man bei verschiedenen Bedingungen dieselbe Erscheinung beobachten wird? Wenn die pathologischen Störungen von den (sensiblen, motorischen, sympathischen) Nerven oder von den Gefäfsen (Blut-, resp. Lymphgefäfsen) abhängen, so ist man imstande, indem man die eine oder die andere Partie ausschaltet, die nächste Ursache der Starbildung zu ermitteln. Um der Lösung dieser Frage näher zu treten, habe ich eine Reihe von Experimenten, welche mir neue interessante Thatsachen lieferten, unternommen. Vor allem mufste ich alle Bedingungen, welche die Starbildung *beschleunigen, verzögern* oder *hemmen,* feststellen.

Dabei erwies sich, dafs folgende Momente von Einflufs sind:

1. Das Alter des Tieres.

2. Die Stärke der Stimmgabelschwingungen und die Gröfse des Kastens, in welchem das Tier eingeschlossen sitzt.

3. Die Temperatur der Luft und des Körpers des Schweinchens.

4. Die Gröfse der Wundfläche während der Operation, und endlich

5. Die Zeit des Experimentierens nach der Operation.

Der *mögliche* Einflufs des Lichtes, einer gewissen Lage des Körpers, der Nahrung, der erhöhten Temperatur, der komprimierten und verdünnten Luft, der elektrischen Reizung und chemischer Stoffe ist von mir noch nicht erforscht.

1. Das Alter.

Je jünger das Meerschweinchen ist, desto schneller erhält man einen Star. Mit dem Alter des Tieres wächst die Zeit, die man zur Erzeugung der Veränderung im Auge braucht. Bei ganz erwachsenen Tieren bekam ich bis jetzt noch kein positives Resultat. Bei jungen Tieren beobachtet man noch den Star, wenn die Stimmgabel in einer Entfernung von 10—12 m auf der Diele tönt. Niedrige Temperatur beschleunigt diesen Prozefs.

2. Die Stärke der Schwingungen und die Gröfse des Kastens.

Je gröfser die Stimmgabelschwingungen sind, desto schneller erhält man einen Star bei anderen gleichen Bedingungen. Bei Verkleinerung der Dimensionen des Kastens bis zu einer gewissen Gröfse bei einer bestimmten Länge der Stimmgabel werden alle Erscheinungen beschleunigt, da im letzten Falle die Vibrationen leichter auf den Organismus übertragen werden. Dieses Experiment weist darauf hin, dafs die Hauptrolle bei den stattfindenden pathologischen Veränderungen den regelmäfsigen Schwingungen zukommt, die auf die Oberfläche des Körpers (worauf die aufrecht stehenden Haare hinweisen) wirken. Was für ein Gefühl — Ameisenkriechen oder Kitzeln — das Meerschweinchen empfindet, das werden Experimente an Menschen entscheiden. Jedenfalls ist es das Gefühl einer sehr zarten Massage.

3. Temperatur.

Je niedriger die Temperatur ist, bei welcher das Meerschweinchen der Stimmgabelreizung ausgesetzt wird, desto schneller bildet sich ein Star.

Da ich während des Experimentierens bemerkte, dafs das Schweinchen auf den durch Urin befeuchteten Hinterpfoten safs und von Zeit zu Zeit am ganzen Leibe zitterte, so vermuthete ich, dafs hier eine Abkühlung stattfinde. Um aber eine völlige Überzeugung zu gewinnen, bewirkte ich anfangs eine Temperaturerniedrigung der Hinterglieder durch Äther und Bichlormethylen. Ich erhielt ein glänzendes positives Resultat. Der Effekt war noch gröfser, als die hintere Hälfte des Körpers und besonders des Abdomens abgekühlt wurde. Während des Aufgiefsens des Äthers drückte sich das Tier an den Tisch und versuchte fortzulaufen. Da aber beim Gebrauche flüchtiger Substanzen ein Teil der Dämpfe vom Schweinchen inhaliert und dadurch vielleicht schon die Starbildung bedingt wurde, so unternahm ich, um diesem Einwande aus dem Wege zu gehen, eine Abkühlung mit Schnee und Eis. Das Endresultat bleibt dasselbe, aber der ganze Prozefs entwickelt sich bedeutend langsamer.

Das im Schnee sitzende Meerschweinchen ist sehr unruhig und bemüht sich, die Hinterglieder zu befreien; aber das dauert nicht lange und die einzelnen Versuche werden immer seltener und seltener. Gleichzeitig bemerkt man Veränderungen in den Augen und Ohren, deren Blutgefäfse stark injiziert erscheinen. Anfangs reagieren noch die schwach dilatierten und intensiv roten Pupillen. Der Augengrund ist hyperämisch, die Linse aber durchsichtig. Allmählich aber, indem das Tier schläfriger wird, kontrahieren sich die ad maximum dilatierten Pupillen gar nicht auf Lichtreiz und der Augengrund wird ganz blafs. In diesem Momente

erscheint der sehr schwach konturierte und leicht opalisierende Linsenkern. Die Augen sind unbeweglich, die Augenlider schliefsen sich auf Berührung der cornea. Die soeben geschilderten Erscheinungen nehmen an Stärke immer zu und erlangen ihre volle Entwickelung gerade im Momente, als das Tier in einen dem Tode nahen Zustand versinkt. Nun tritt der Linsenkern noch mehr hervor; durch ihn sieht man gut den Augengrund. Wenn man so ein Schweinchen der Stimmgabelwirkung aussetzt, so bildet sich der Star bei jungen Tieren in 15—20 Min. Erst jetzt wird der Kern mit seinen 3—4 Strahlen gut sichtbar. Unter diesen Bedingungen erhält man immer eine und dieselbe Form — catar. perinuclearis. Das Tierchen liegt unbeweglich auf der Seite. Hier erscheint der Star früher, da die Schwingungen entschieden stärker wirken. Früher oder später erholt es sich, afficiert mit beiderseitigem Stare, der schneller verschwindet als derjenige, welcher durch ununterbrochenen Reiz hervorgebracht worden ist. Sehr junge Meerschweinchen gehen nach einiger Zeit zu Grunde, ältere aber bleiben meistenteils am Leben.

Wenn man das Schweinchen einfach weiter abkühlt, ohne Stimmgabelwirkung, so erhält man keinen Star und der leicht matt gewordene Kern verschwindet bald nach dem Tode. Dieselbe Wirkung äufsert auch der Äther. Kontrollversuche mit Meerschweinchen, die der Kälte ausgesetzt waren, gaben ein negatives Resultat. Der Kern wird hier bei *partieller Abkühlung* des Körpers sichtbar.

Mit Hilfe der Temperaturerniedrigung mit nachfolgender Stimmgabelwirkung war ich imstande, bei solchen Tieren eine Starbildung in ein paar Stunden zu bekommen, bei welchen der einfache Reiz im Laufe von 2—3 Tagen garnichts erzeugte.

Eine teilweise Abkühlung des Körpers erhält man noch durch Abrasieren oder durch Bestreichen der Haut mit Lack. Das Endresultat bleibt dasselbe.

Aus diesen Experimenten ergibt es sich, dafs die niedrige Temperatur den Boden für pathologische Veränderungen vorbereitet, die ihre volle Entwickelung unter dem Diapason erlangen.

Diese Beobachtungen haben auch noch eine fernere Bedeutung: sie beweisen auf das evidenteste, dafs Temparaturerniedrigung einer Partie des Organismus einen Einflufs auf die Ernährung der anderen hat. Auf diese Weise läfst sich die allgemein bekannte Thatsache erklären, dafs man nach Abkühlung der Füfse Schnupfen bekommt. Eine exactere Erforschung solcher Wechselbeziehungen wird uns vielleicht mit der Zeit zu neuen therapeutischen Handgriffen führen und ein klares Licht auf die Temperaturwirkung des Wassers bei Douchen, Bädern u. s w. werfen. Die starke Wirkung der Seebäder läfst sich wahrscheinlich folgendermafsen deuten: auf den abgekühlten Körper wirken die Wellenschläge, die aber nicht so regelmäfsig wie Stimmgabelschwingungen sind. (?)

4. Der Grad der Verletzung.

Je gröfser die Wunde ist und je mehr die Nerven verletzt sind, desto schneller erhält man einen Star.

Seit lange ist die Thatsache bekannt, dafs starke Schmerzen Pupillenerweiterung hervorrufen. Dasselbe wird auch beim Meerschweinchen beobachtet. Dafs Schmerzempfindungen bedingt durch Verwundung weit gelegener Teile die Starbildung befördern, darauf weist folgendes Experiment hin. Wenn man kräftig den r. II n. trigemini zerrt und darauf ihn in Ruhe läfst oder noch besser ausreifst, so tritt sogleich, wenn auch sehr schwach, der Linsenkern hervor, in welchem bald unter der Stimmgabel die Starstrahlen erscheinen. Auf der entgegengesetzten Seite beobachtet man dasselbe, aber später. Das Chloroformieren bleibt ohne Einflufs.

Um aber völlige Sicherheit in diesem Punkte zu erlangen, habe ich ein paar experimenta crucis unternommen. Wenn man bei einem 2—3tägigen Meer-

schweinchen die Hinterpfoten stark mit einem feinen Gummischlauche von den Nägeln bis zum anum umwindet und darauf es bei 10°—12° R. in Ruhe läfst, so bildet sich nach circa 6—8 Stunden eine catar. perinuclearis mit 3—4 Strahlen *ohne Stimmgabelreizung*. Während des Umbindens ist das Tierchen unruhig, schreit laut, um sich bald zu beruhigen und mit Hilfe der Vorderfüfse herumzukriechen. Schon während des Umbindens bemerkt man eine Pupillenerweiterung und der anfangs rote Grund wird allmählich blafs. Die Schwingungen beschleunigen die Erscheinung des Stares und machen die Konturen desselben bedeutend schärfer. Bei diesem Versuche mufs man den Grad der Abkühlung der Hinterglieder stets vor Augen haben. Um die Überfüllung der Blutgefäfse auszuschliefsen, wurden die Windungen in umgekehrter Weise aufgelegt.

Einige Meerschweinchen, denen man nach 10—12 Stunden die Füfse befreite, gingen schneller zu Grunde, als diejenigen, welche mit den Gummiröhrchen blieben.

Auf Grund dieser Beobachtungen kommt man zum folgenden wahrscheinlichen Schlusse: *durch Reizung der sensiblen Nerven wird die Ernährung des Auges alteriert.* Auf diese Weise kann man sich einige pathologische Prozesse erklären, z. B. Epididymitis nach Parotitis, Hemmung in der Entwickelung der Kehle nach Kastration u. s. w.

5. *Je weniger Zeit nach der Operation verflossen ist, desto schneller erhält man einen Star.* Diese Erscheinung läfst sich durch gesteigerte Schmerzempfindung erklären. — Jetzt fragt es sich: auf welchem Wege gelangt der Reiz zum Auge?

Die Durchschneidung des Halsrückenmarkes, die mono- und bilaterale Entfernung des Halssympathicus, Herausreifsen des einen oder der beiden oberen sympathischen Ganglien, die Unterbindung der Carotiden, Abtragung der Hemisphären, intracranielle Durchtrennung des n. oculimotorius und n. trochlearis *hemmen nicht* die Starbildung. Wahrscheinlich spielt der ramus ophtalmicus n. trigemini die Hauptrolle in diesem Prozesse, da bei seiner Ausreifsung oder Durchtrennung bald ein perinuclearer oder corticaler Star, bald gar keine Veränderung auf der operierten Seite beobachtet wird. Durch weitere Experimente hoffe ich einiges Licht in diese verwickelten Verhältnisse zu werfen.

Die Entfernung des einen Auges macht das andere zur mehrmaligen Starbildung geneigt.

Im atropinisierten Auge erscheint der Star früher als im andern, wo Eserin eingeträufelt wurde. Also beschleunigt die dilatierte Pupille die Starbildung. —

Was für Erscheinungen wird uns ein Meerschweinchen, welches unter dem Diapason aufwächst, darbieten?

Unter eine Stimmgabel von 250 V. wird ein 2-tägiges Meerschweinchen gebracht. Zimmertemperatur 14—15° R. Zur Erwärmung des jungen Tierchens, welches leicht ohne Mutterwärme zu Grunde geht, wird noch ein älteres gesetzt. Das Meerschweinchen wurde anfangs mehrere Mal täglich durch die Mutter genährt, mit welcher es auf einige Zeit in einen gröfseren, mit fortwährend brummender Stimmgabel armierten Kasten übertragen wurde. Später bekam es zur Nahrung Kohl, Heu, Mohrrüben. Der kleinere Kasten, mit vielen Löchern versehen und mit Paraffin bestrichen, wurde viele Mal täglich gereinigt. So führte ich das Experiment vom 22. März bis zum 26. April 1887 aus, als beide Tierchen ganz plötzlich zufällig tot gefunden wurden.*)

Das Meerschweinchen sitzt zusammengekauert und zittert von Zeit zu Zeit am ganzen Leibe. Bald sträubt sich das Haar, besonders auf dem Kopfe, es

*) Das Innere des Kastens wird mit Paraffin in Benzin gelöst bestrichen, um eine Durchnässung des Holzes zu vermeiden. Benzindämpfe waren noch im Kasten, als man die Tierchen hineinlegte.

bekommt ein struppiges Aussehen, welches während des ganzen Experimentes bleibt. Die Pupillen sind erweitert und reagieren träge auf Lichtreiz. Allmählich erscheint der Star mit seinen Strahlen, der nach 5—6 Tagen verschwindet. Darauf aber werden drei dreieckige Flecke von weifser Farbe auf der Hinterfläche des Kerns sichtbar; die Spitzen sind zum Centrum gerichtet. In diesem Zustande verbleibt das Auge während des ganzen Versuches, wobei die Starerscheinungen an Stärke bald zu-, bald abnehmen, je nach dem Temperaturzustande der Hinterpfoten, auf welchen das Meerschweinchen zusammengekauert sitzt. Bei jeder Abkühlung, die jedesmal nach Nichtentfernung des Urins beobachtet wird, treten alle Erscheinungen stärker zu Tage. Gegen das Ende der dritten Woche bemerkt man neue Symptome. Das kaum an Gröfse zugenommene, magere, struppige Meerschweinchen ist mit stark hervortretenden Augen, die denjenigen der erwachsenen an Gröfse gleichkommen, versehen und macht einen ganz eigentümlichen Eindruck besonders mit den weifsen Flecken in den dilatierten Pupillen.

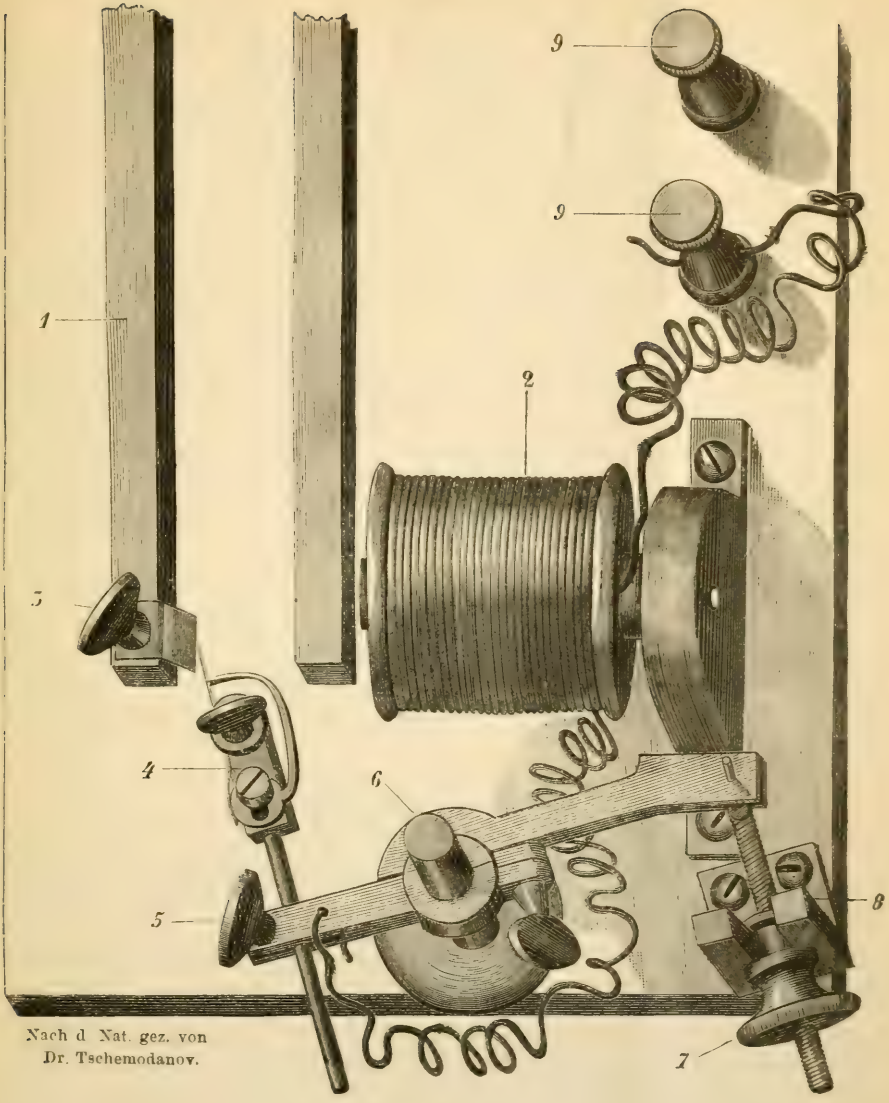
Während der Experimentierzeit sind Respiration und Herzschlag beschleunigt, der Unterleib aufgetrieben. Die Bewegung frei und sicher. Der Harn zucker- und eiweifsfrei, stark alkalisch. Die Sektion ergab einen den Linsenkern bei völlig durchsichtigem Centrum in Form eines Streifens, umgebenden Star.

Die gröfste Schwierigkeit bei den angeführten Versuchen war, einen ununterbrochenen Ton zu erzielen. Deshalb möge für diejenigen Leser, welche des Verfassers Versuche zu wiederholen wünschen sollten, die Beschreibung einer besonderen Vorrichtung beigefügt werden, deren er sich gegenwärtig bedient. — Es ist dies eine Stimmgabel, Fig. 176, welche mittels eines Elektromagneten in Schwingungen versetzt wird. Der Strom geht durch die Klemmschraube *9* (die eine Elektrode), durch die Drahtrolle *2*, welche in ihrer Mitte einen Eisenstab enthält, durch die Vorrichtung *4*, auf welche wir gleich zu sprechen kommen werden, durch die Platinplatte *3* und die Stimmgabel selbst in die zweite Klemmschraube *9'* (die zweite Elektrode). Ist nun der Strom geschlossen, so wird der Eisenstab in der Rolle *2* ein Elektromagnet und zieht die Zinken der Stimmgabel an. Hierdurch wird der Platindraht, welcher die Platinplatte berührt, beiseite geschleudert, der Strom unterbrochen, die Zinken kehren in ihre Lage zurück, um von neuem angezogen zu werden; da der Platindraht unterdessen seine Lage infolge seiner Elastizität wieder eingenommen hat und somit der Strom wieder geschlossen ist, schwingt die Stimmgabel und wir erhalten einen Ton.

Da nun aber der Platindraht in einem fort beiseite geschleudert wird, so rückt er immer weiter, bis vollständige Störung des Kontaktes eintritt und die Stimmgabel aufhört, zu schwingen. Um diesem unliebsamen Mifsstande vorzubeugen, hat Verfasser folgende Vorrichtung getroffen:

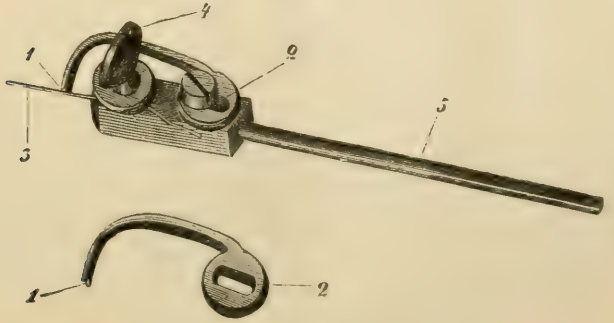
Fig. 177. Die Stange *5* trägt an ihrem Ende die Schraube *4*, mittels welcher der Platindraht eingeklemmt ist. In *2* ist mittels Schraube ein Bügel fixiert, der in *1* einen dem Platindraht entsprechenden rinnenförmigen Ausschnitt zur Aufnahme des Platindrahts aufweist. Man stellt nun den Draht in der Weise ein, dafs er den Bügelausschnitt nicht berührt, vielmehr soviel Platz zwischen diesem und jenem besteht, dafs dem Draht die Möglichkeit kleiner Excursionen gegeben ist. Jede Schwingung der Stimmgabel schleudert, wie wir gesehen haben, den Platindraht beiseite; derselbe schlägt nunmehr gegen den Ausschnitt des Bügels und nimmt dann seine frühere Lage wieder ein. Durch verschiedene Einstellung des Apparates kann man den Kontakt zwischen Platindraht und Stimmgabel in derjenigen Lage herstellen, bei welcher der Ton am reinsten und stärksten ausfällt.

Fig. 176.



Nach d. Nat. gez. von
Dr. Tschemodanov.

Fig. 177.



Durch die soeben kurz beschriebene Vorrichtung erzielte Verfasser einen Ton von grofser Reinheit und Stärke, sowie eine ununterbrochene Thätigkeit der Stimmgabel.

Die Gröfse des unter der Stimmgabel befindlichen Tierbehälters entsprach der Unterlage derselben; um eine Durchfeuchtung dieses Bretts infolge von Ausdünstungen des darunter befindlichen Tieres zu vermeiden, war es mit Paraffin bestrichen.

Methodik der Experimente über die Peri- und Endolymphe.

Cotugno (1760) und Meckel (1777) beobachteten die Bewegung der Endolymphe durch eine kleine Öffnung in der Wandung des Labyrinths.

Auf die Möglichkeit einer Bewegung der Endolymphe wies auch Scarpa hin (1789). An dem von der bulla ossea losgelösten membranösen Labyrinth sah er, wie bei vorsichtigem Andrücken einer Nadel die Endolymphe durch die Bogengänge auf den sacculus hinüberströmte. Beim Durchstechen der Kanalwand flofs die Flüssigkeit heraus, und der Kanal fiel zusammen. Somit blieb den Physiologen nur die Aufgabe, dieselben Versuche an lebenden Tieren unter Beobachtung bestimmter Vorsichtsmafsregeln anzustellen. Um die Bewegung der intralabyrinthären Flüssigkeit zu beobachten, führte Politzer zum erstenmal (1861) kleine Manometer in die Bogengänge ein. Die späteren Autoren haben nichts Neues hinzugefügt.

Manometrische Methode **Politzers** (1861).[343])

Um den Einflufs der Kontraktionen des Musc. tensor. tympani auf die Schwankung des intralabyrinthären Drucks zu bestimmen, stellte Politzer folgende Versuchsreihe an:

1. An dem frisch abgeschnittenen Kopfe eines Hundes wurde die dura mater von der Hinterfläche der Pyramide vorsichtig entfernt. Die freigelegte Kuppe des sagittalen Bogengangs wurde mit einer Zange abgekniffen. Infolgedessen entstand eine kleine, runde, ungefähr 1 mm weite Öffnung, die in das Innere des Bogenganges führte. In dieselbe wurde ein Tropfen Carminlösung eingespritzt, deren Bewegungen man mit der Lupe verfolgte.

2. In den Kanal führte man ein Manometer ein. Zu diesem Zwecke gab man einer Röhre von $^1/_4$—$^1/_2$ mm Öffnungsweite an ihrem unteren Ende die Krümmung des Bogenganges. Dann wurde sie zu zwei Drittel mit Carminlösung gefüllt und in die Canalöffnung eingeführt, wo sie mit einem aus Harz und Wachs bestehenden Kitt hermetisch eingekittet wurde.

3. In die fenestra rotunda wurde eine gerade Manometerröhre von $^1/_3$ mm Weite eingeführt und in ganz derselben Weise befestigt.

4. Das Manometer für den äufseren Gehörgang bestand aus einer zwei- bis dreizölligen, geraden oder schwach gebogenen Röhre von 1—2 mm Weite. Dieselbe wurde mit Hilfe eines der Weite des Gehörganges entsprechenden Pfropfes befestigt.

Beobachtungen **Breuers** (1875).

Um die Bedeutung der Strömungen der Endolymphe für die Koordination der Bewegungen festzustellen, legte B. das membranöse Labyrinth unter möglichst geringen Beschädigungen in tiefer Narkose blofs. Die Perilymphe wird mit Fliefspapier aufgesogen. Auf Berührung, die natürlich eine Strömung der Endolymphe in der Ampulle hervorrief, reagierten die Vögel durch Kopfbewegung. Durch diesen Versuch wird nur bewiesen, dafs die Bewegungen der Lymphe empfunden werden. Um den Rückfluſs der Endolymphe zu erzeugen, wurde in die Bogengänge eine feine Glaspipette eingeführt, mit der die Flüssigkeit herausgesogen werden konnte. Die Manipulation ist aber keine leichte. Die Pipette sprang nämlich oft aus der Öffnung im membranösen Kanal in den perilymphatischen Raum herüber. Aufserdem verstopfte sich die Öffnung fast augenblicklich durch das aufserordentlich rasch gerinnende Vogelblut. Sehr schwer ist es, die Pipette so zu befestigen, dafs sie nicht bei der ersten stürmischen Kopfbewegung herausgeschleudert wird. Dieserhalb gelang die Beobachtung, dafs der Kopf während des Ansaugens der Lymphe sich nach der Seite der Verletzung neigte, nur einige wenige Male.

Methode **Cyons** (1878).

Cyon sagt, es wäre mittels einer Pravazschen Spritze leicht, die Perilymphe zu entfernen, ohne dafs hierbei Bewegungsstörungen auftreten; letztere träten selbst in dem Falle nicht auf, wenn in den perilymphatischen Raum Gelatine eingespritzt würde. S. 219.

Methode **Baginskys** (1881).

Um den Einfluſs einer Druckerhöhung in der Paukenhöhle auf den intralabyrinthären Druck festzustellen, verfuhr B. folgendermafsen: die Ohrmuschel eines Kaninchens wurde der Länge nach gespalten; die hierbei auftretende Blutung wurde gestillt und dann das Trommelfell perforiert. Zur Injektion wurde eine kleine Zinkspritze verwandt, deren konisches Ende genau zu dem knöchernen Gehörgang pafste. Da aber während der Injektion die Flüssigkeit durch die Eustachische Tube ausfliefst und so leicht unangenehme Zufälle (Erstickungstod etc.) verursachen kann, so war es vorher notwendig, das ostium zu verschliefsen oder das Tier zu tracheotomieren. Dem ersten Verfahren mufs der Vorzug gegeben werden, da tracheotomierte Tiere bald zu Grunde gehen.

Bei einer solchen Beschädigung en masse kann man nach des Verfassers Ansicht zu keiner positiven Folgerung gelangen, da hier stets die Möglichkeit vorliegen kann, dafs die Flüssigkeit infolge Reifsens der Fenstermembranen in das Labyrinth eindringt. Die angeführte Methode ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie man eigentlich nicht experimentieren soll.

Bemerkungen **R. Ewalds** über die verschiedenen Methoden, die Bewegungen der Peri- und Endolymphe zu beobachten (1889).

1. Die Methode, die Lymphbewegungen durch ein im knöchernen Bogengang angelegtes Loch zu beobachten, hat den Übelstand, dafs nach dem Ausfliefsen der Perilymphe das Flüssigkeitsniveau unter die Ränder der Öffnung

sinkt und so die fernere Beobachtung unmöglich macht. Aufserdem ist es bei dieser Methode schwer, die quantitativen Unterschiede der Schwankungen zu beurteilen.

2. Zur Vermeidung dieser Übelstände bringt EWALD seine Methode in Vorschlag. Der Bogengang der Taube wird nach Entfernung des Blutsinus (über dieses Verfahren siehe oben) reseziert. Die Bewegungen werden an einem der freien Enden beobachtet.

3. EWALD rühmt sehr die manometrische Methode von POLITZER, die er für sehr empfindlich und zu Demonstrationen geeignet hält. Die Methode ist wie folgt: „Der Bogengang wird möglichst gut geglättet, indem man alle Rauhigkeiten mit einem kleinen Schabeisen von seiner Oberfläche entfernt. Darauf wird mit der WHITEschen Bohrmaschine ein kleines rundes Loch, nicht zu dicht am Blutsinus, gebohrt. Eine kleine Glasröhre, die aufsen 1 mm Durchmesser hat und möglichst parallele Wandungen besitzt, ist am unteren Ende ganz wenig ausgezogen und dann scharf abgeschnitten. Der gerade Teil dieser kleinen Glasröhre ist etwa 10 mm lang, während der sich verjüngende untere Teil nur 2—3 mm beträgt. Diese kleine Glasröhre wird nun mit ihrem geraden Teile in einen kleinen runden Feilkloben gesteckt und direkt als Bohrer benutzt. Es gelingt leicht mit dem scharfen Rande des verjüngten Teils das bereits vorgebohrte Loch in dem Bogengang derart zu erweitern, dafs man nun den konischen Teil der Röhre in das Loch einzwängen kann. Natürlich wird man vor der endgültigen Einsetzung der Röhre dieselbe aus dem Feilkloben herausnehmen und etwa in sie gedrungene Knochenpartikelchen aus ihr entfernen. Man hat auf diese Weise ein kleines Manometer in den Bogengang eingesetzt, welches hinreichend dicht in der Öffnung sitzt. Die Perilymphe steigt in demselben in die Höhe, und man kann die Niveauschwankungen ausgezeichnet beobachten. Sollte die Flüssigkeit bis zum oberen Ende der Röhre gedrungen sein, so saugt man mit Hilfe eines feinen Fliefspapierstreifchens einen Teil derselben aus der Röhre wieder heraus. Diese Methode, die Bewegungen der Perilymphe zu beobachten, ist sehr empfindlich, und man braucht bei ihr den Sinus nicht zu entfernen.“

Methoden der Durchschneidung des n. acusticus.

Methode **Claude Bernards** (1858).[350])

Gleichzeitig mit der Durchschneidung des n. facialis bei Kaninchen und Katzen wird auch leicht der Hörnerv verletzt.

„Ich bediene mich meistens derjenigen Methode, bei der die Durchschneidung des n. facialis in der Paukenhöhle vorgenommen wird. Zunächst sucht man diese auf, was bei Katzen und Kaninchen sehr leicht von statten

---

[350]) CLAUDE BERNARD. Leçons sur la physiologie et la pathologie du systême nerveux Paris, 1858.

LÖWENBERG, der die Durchtrennung des Hörnerven nach CL. B. von der Paukenhöhle aus vornahm, verletzte stets zu gleicher Zeit die Bogengänge. Er führte das Messer oben und vorn durch. Sofort traten auch die charakteristischen Bewegungen auf. Eine isolierte Durchschneidung des Hörnervenstranges gelang ihm nicht.

geht, da bei diesen Tieren sich im Warzenfortsatz eine Verlängerung der mittleren Ohrhöhle befindet.

„Mit Hilfe einer gut glühenden kleinen Schere dringt man durch die untere, sehr dünne Wand in die Paukenhöhle ein und schiebt das Instrument längs des Mittelohrs weiter. Die Spitze desselben richtet man nach oben hinten, und indem man es quer führt und mit ihm kräftig auf den Knochen drückt, durchtrennt man den n. facialis an seinem dritten Knie, an der Stelle, wo er nach unten umbiegt."

„Wird das Instrument aber, statt nach dem hinteren Teile der Paukenhöhle, nach dem vorderen oder oberen Teile derselben gerichtet, so kann dann der n. facialis gerade an seiner Eintrittsstelle in den gewundenen Kanal des Schläfenbeins zerstört werden. In diesem Falle wird gleichzeitig damit auch der n. acusticus lädiert, und die Tiere neigen dann fast stets den Kopf nach der Seite der Operation, weil hierbei eine Verletzung der Bogengänge nicht zu umgehen ist. Bei Hunden und Katzen kann man auch, statt in den unteren Teil der Paukenhöhle einzudringen, das Instrument durch den Gehörgang einführen, indem man durch das Trommelfell sticht."

Bisweilen wurde bei der Extraktion des n. facialis aus dem foramen stylo-mastoideum das centrale Ende des n. acusticus mit losgerissen. Cl. Bernard durchtrennte manchmal letzteren in der Schädelhöhle, in die er mit einer Schere durch die vena mastoidea eindrang.

Methode von **Schiff** (1858).[351])

Schiff nahm an Kaninchen die Durchtrennung des n. acusticus in der Weise vor, dafs er ein schmales Instrument durch die Hinterhauptshöhle, in der der kleine floculus cerebelli liegt, vorsichtig schräg nach innen und vorn hineinschob. Dieser Methode bediente sich schon früher Magendie zur Durchschneidung des n. trigeminus bei Kaninchen. Derselbe bemerkte, dafs hierbei gleichzeitig auch der acusticus durchtrennt werde. Bei Fröschen wird dies nach Schiff am besten durch Freilegung der medulla oblongata von vorn *durch den Mund* erreicht.

Methode von **Goltz** (1870) zur Zerstörung des Hörnervenstranges beim Frosche.

Innerhalb der Schädelhöhle gelingt die Durchschneidung des n. acusticus ohne gleichzeitige Verletzung des Gehirns nur schwer. Dieser Umstand könnte den Verdacht hervorrufen, als ob die beobachteten Erscheinungen

---

[351]) M. Schiff. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Lahr, 1858. Bd. I, p. 399. Nervus acusticus.

l. c. Magendie. Journal de Physiol. p. 303. 1824.

Schiff, p. 398. „Wenn man bei Kaninchen den facialis vollständig vom Gehirn losreifst, so erhält man, wie Brown-Séquard und M. Magron gefunden, am ganzen Körper unregelmäfsige, aber nur kurz andauernde Bewegungen, die von der Reizung der Centralstelle bewirkt werden, in der sich der Nerv einpflanzt. Nach verschiedenen Zuckungen bemerkt man sehr rasch, dafs sich der Kopf nach der entgegengesetzten Seite beugt, die Muskeln der Wirbelsäule an der entgegengesetzten Körperhälfte kontrahieren, aber es ist nicht konstant, dafs, wie diese Forscher angeben, sich die Kaninchen immer einige Zeit im Kreise drehen u. s. w."

von einer unvermeidlichen Beschädigung des Gehirns abhingen. Deshalb zerstörte Goltz die *peripherischen* Fasern dieses Nerven, indem er in folgender Weise zu Werke ging:

Beim Frosche ist die Schädelhöhle von der Ohrkapsel leicht zu trennen. Diese Abtrennung gelang mittels einer feinen Stichsäge oder eines scharfen Meifsels. Am wenigsten verwundend ist folgendes Verfahren: durch einen gekreuzten Hautschnitt legt man beide Felsenbeine frei und schält dann mit einem dünnen, sehr scharfen Hohlmeifsel die Knochenmasse so weit heraus, dafs das Gehörorgan vollständig vernichtet wird.

Die Folgen der Operation waren bei allen Verfahren dieselben. Viele von den so operierten Tieren starben bereits nach einigen Tagen; manche gelang es längere Zeit am Leben zu erhalten. Trotzdem die Wunden vernarbten, erlangten die Tiere niemals die frühere Fähigkeit wieder, das Gleichgewicht zu behaupten.

Methode **Cyons** (1876).*)

Bisher ist noch niemand die isolierte Durchschneidung des Hörnervenstranges gelungen. Gewöhnlich wird hierbei gleichzeitig das Ohrlabyrinth oder das cerebellum beschädigt. Die Extraktion des n. facialis mit gleichzeitger Entfernung des acusticus, wie es einige Male Cl. Bernard glückte, führt nicht stets direkt zum Ziel. Der einzige Weg, auf dem der acusticus ohne Verletzung der Nachbarorgane durchtrennt werden kann, befindet sich zwischen dem Hinterhauptsbein und dem Atlas. Nach vorheriger Eröffnung der membrana obturatoria wird die medulla oblongata vorsichtig zur Seite geschoben.

1878 befolgte Cyon bei der Durchtrennung beider acustici folgende drei verschiedene operative Methoden:

1. „Die erste besteht in der Freilegung der cylindrischen Höhle, die bei Kaninchen im warzenförmigen Fortsatz liegt; in derselben befindet sich der flocculus cerebelli. Nach dessen Freilegung schob ich unter den flocculus ein kleines zugespitztes Messer, dessen Klinge rechtwinklig gebogen war; nur das Ende des Instruments war geschärft. Die Einführung des Messers geschah in der Weise, dafs die Klinge mit der Spitze nach unten soweit längs der unteren Fläche der genannten Höhle glitt, bis ihre Spitze den inneren Rand derselben erreichte. Die Spitze war etwas breiter als die Klinge selbst und konnte den acusticus auf einen einzigen kräftigen Druck durchtrennen. Sobald sie den Rand der Höhle erreicht hatte, brauchte man sie nur zu senken und an den acusticus an der Einmündungsstelle des canalis fallopii anzudrücken. Es empfiehlt sich bei der Operation, einen von oben eröffneten Kaninchenschädel vor sich zu haben, um den facialis, der an dieser Stelle dem Acusticus beinahe anliegt, sicherer vermeiden zu können.

2. „Wird das Hinterhauptsbein nach der zweiten Methode operiert, so werden zu beiden Seiten des foramen occipitale mit dem Trepan zwei Löcher gebohrt. Durch diese können leicht die hinteren Schädelnerven aufgefunden werden, mit Hilfe deren man sich leicht orientiert und zum n. acusticus gelangt. Diese Methode hat den Vorzug, dafs man die acustici sieht, bevor man sie durchschneidet. Nachdem man nach einigen derartigen Operationen schon eine gewisse Übung erlangt hat, kann man zur dritten Methode schreiten, welche die Trepanation des Schädels nicht erfordert.“

*) S. seine „Methodik“ p. 513.

3. „Bei dieser Art der Operation genügt es, einen Teil der Hinterhauptsligamente zu entfernen. Man dringt mit einem Messer wie es Cl. Bernard zur Durchtrennung der Schädeldecke anwandte, längs der Schädelbasis bis zum Hörnerven vor und schneidet ihn durch.“

Einwand **Bechterews** (1882) gegen **Cyon.**

„Auf Grund eigener Versuche mufs ich erklären, dafs auch dieses (in der Methodik von Cyon dargelegte) Verfahren nicht als befriedigend angesehen werden kann. Das Seitwärtsschieben der medulla oblongata, wie es Cyon rät, ist (wenigstens an Hunden) ohne Beschädigung derselben oder Verletzung des hinteren pedunculus cerebelli schwer zu bewerkstelligen. Ferner ist die Operation fast stets mit einer mehr oder minder starken Blutung verbunden, die in diesen Teilen des Gehirns aus naheliegenden Gründen sorgfältig zu vermeiden ist.“

„Die übrigen Methoden eignen sich für Hunde ebenfalls nicht, da dieselben so ausgedehnte Verletzungen in der betreffenden Region nicht ertragen können und gewöhnlich bereits in den ersten Tagen nach der Operation unter Erscheinungen von Menigitis verenden.“

Methode von **Tomaszewicz** (1877).

„Die Operationsmethode beruht auf der Beobachtung, dafs beim Kaninchen die Schädelöffnung des meatus auditorius internus fast genau in der geraden Verbindungslinie der beiden meatus auditorii externi liegt.“

„Der innere Rand des äufseren knöchernen Gehörganges, der an seinem rauhen Vorsprung leicht zu erkennen ist, wird mittels eines kleinen Schnittes durch die Haut, Fascie und Knorpel dicht am knöchernen Rande blofsgelegt; darauf fafst man den Kopf des Tieres fest an, am besten so, dafs, wenn rechts operiert wird, der Zeigefinger zwischen den Kiefern ruht, während der Daumen das Hinterhaupt und die übrigen Finger den Hals umfassen; operiert man links, so müssen der Daumen zwischen die Kiefer und die übrigen Finger am Hinterkopf angreifen; mit der rechten Hand führt man ein Neurotom in die gemachte Öffnung ein und dringt dicht am knöchernen Rande genau senkrecht auf die Mittelebene des Körpers in die Tiefe; fühlt man bei langsamer Führung keinen knöchernen Widerstand mehr, so soll das Instrument nicht weiter vorgeschoben, sondern auf der gleichen Stelle einige Mal herumgedreht werden; hat man den inneren Gehörgang getroffen, so zeigt jetzt die plötzlich eintretende Facialislähmung den Erfolg an.“

Man begnügt sich bei diesem Verfahren also mit der Zerquetschung des weichen Nerven.

„Unter den 15 Tieren, bei welchen dieses intracranielle Durchschneiden des Acusticus vorgenommen wurde, bekam ich nur 3 gelungene Operationen; intra vitam war die vollständige Facialislähmung und Taubheit Zeichen des Erfolgs; die Tiere zuckten nicht bei einem Pistolenschufs.“

Verschiedene Lähmungserscheinungen; in den ersten Tagen nach der Operation Symptome schweren Angegriffenseins, Fieber, Appetitlosigkeit, Durst. Allmählich erholten sich die Tiere und wurden munter. Sie reagierten normal auf Rotation und elektrische Durchströmungsversuche.

Die Obduktion dreier Tiere ergab, dafs in einem Falle die Durchtrennung des acusticus im Innern des porus internus gelungen war, während in den beiden andern Fällen einzelne Fasern unzerdrückt geblieben waren.

Methode **Bechterews** (1882).

„Die folgende Methode, deren ich mich bei meinen Versuchen bediente, kann meines Erachtens für die zur Ausführung der erwähnten Operation an Hunden geeignetste und gleichzeitig hinsichtlich unerwünschter Verletzungen des cerebellums und der medulla oblongata für völlig gefahrlos erklärt werden.

„An dem narkotisierten Tier wird ein schräger Schnitt durch die Hinterhauptsmuskeln, dicht bis an den Knochen und unmittelbar unter und parallel dem Kamme gemacht, der vom Hinterhauptshügel zum Warzenfortsatz führt; dann wird mit einem Bohrer oder einem kleinen Trepan etwas oberhalb und seitlich von dem Gelenk zwischen Hinterhauptsbein und Atlas ein Loch gebohrt. An dieser Stelle ist das Hinterhauptsbein des Hundes sehr dünn, und es genügten mitunter einige Umdrehungen des Trepans, um eine Öffnung zu schaffen, durch welche Cerebrospinalflüssigkeit ausfliefst. Durch diese Öffnung führt man ein stilettförmiges Instrument ein, dessen Spitze am Rande konkav geschärft ist. Dieses Instrument führt man in die Öffnung ein, richtet es nach unten und nach vorn, fährt längs der hinteren Oberfläche des Pyramidenknochens hin, und sobald man bis an den inneren meatus gelangt ist, durchtrennt man mit einem einzigen Druck den Nerven unmittelbar an seiner Eintrittsstelle in den knöchernen Kanal. Wird die Operation mit einiger Vorsicht ausgeführt, so gelingt der Versuch fast stets vollkommen rein, ohne die geringste Verletzung der benachbarten Gehirnpartieen. Bisweilen nur wird mit dem acusticus zugleich der facialis verletzt, was für unseren Zweck selbstverständlich von keiner wesentlichen Bedeutung ist.“

Methode **Schraders** (1887).

Die Gehörkapseln wurden beim Frosch von der Mundhöhle aus zerstört. S. 575.

Instrumente zur Ausführung der genannten Versuche und zur Prüfung des Gehörs.

Methode, die Tiere zu fixieren.

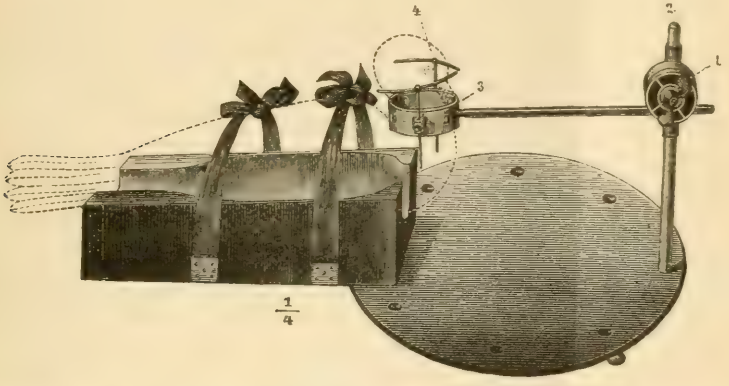
Hunde, Kaninchen, Katzen und Frösche werden mit Hilfe der in den physiologischen Laboratorien gebräuchlichen Apparate fixiert. Tauben werden gewöhnlich von einem Assistenten festgehalten. Bloch, Bechterew, Bornhardt u. a. wickelten den Vogel in ein Tuch ein und setzten ihn in einen der Gröfse seines Rumpfes entsprechenden Behälter, aus dem nur der Kopf herausragte.

Unvergleichlich vorteilhafter ist es, sich des Ewaldschen Taubenhalters zu bedienen.

Auf einer kreisrunden eisernen Scheibe von 20 cm Durchmesser ist ein 4,5 cm hoher, 16 cm langer und 8 cm breiter Holzklotz fest aufgeschraubt. Derselbe ist der Form der Taube entsprechend ausgehöhlt und hat Ausschnitte für den Schwanz und Hals des Tieres. In diese

Höhlung wird die Taube mit dem Rücken nach oben hineingelegt und mittels der seitlich angebrachten wollenen Bänder, die über dem Rücken verknüpft werden, fixiert. Die Beine der Taube sollen nach hinten gestreckt werden, nachdem man zuvor ein zusammengefaltetes kleines Leintuch wie ein Polster unter dieselben gelegt hat. Zur Fixierung des Kopfes wird derselbe durch den Ring 3 so weit gezogen, dafs ein längeres Stück

Fig. 178.



des Halses durch denselben gelangt, und dann wieder mit dem Schnabel zurück in den Ring geschoben. Auf diese Weise wird der Kopf im Ringe ausgezeichnet fixiert, ohne dafs die Atmung im geringsten behindert ist. (Über die weiteren Einzelheiten siehe Ewald 1892 l. c.)

Meerschweinchen fixierte der Verfasser in der Weise, dafs er den ganzen Rumpf mit einer Binde umwickelte, das Tier dann in einen Beutel schob und den Kopf von einem Assistenten halten liefs. Man kann sich natürlich auch des zur Fixierung des Kaninchenkopfes angegebenen Apparates bedienen. Bei Versuchen an den Bogengängen hält v. Stein das Tier nur während der Freilegung des Labyrinths fest. Bei der Verletzung derselben liegt es frei auf dem Tisch und kann nach allen möglichen Richtungen Bewegungen ausführen. Die Erfüllung dieser Bedingung ist für die Beobachtung der Erscheinungen, die im *ersten* Moment nach der Verletzung der Bogengänge eintreten, von Wichtigkeit. Der Grund, weswegen manche Autoren in ihren Beobachtungen nicht übereinstimmen, mag vielleicht darin liegen, dafs einige von ihnen das Tier erst dann loslassen, nachdem sie schon das Labyrinth verletzt oder zerstört haben.

Die zur Ausführung der Versuche erforderlichen Instrumente.

Zur Freilegung von Teilen des Labyrinths sind aufser den in der Chirurgie gewöhnlich angewandten Instrumenten keine speziellen erforderlich. Die Stillung der Blutung geschieht mittels der üblichen chirurgischen Vorkehrungen oder mittels Sublimat-Pengawar-Djam-

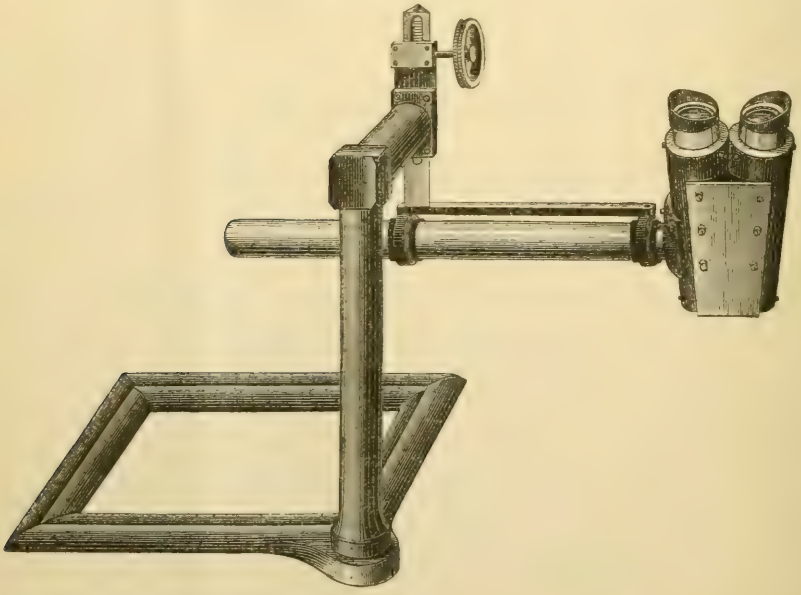
bis. Notwendig ist eine Kniepinzette mit dünnen Branchen zur Entfernung der Knochenfragmente. Zur Verletzung der Schnecke und der andern Organe mufs man die dünnsten Nadelnummern verwenden. Spezielle Instrumente, deren sich einige Forscher bedienten, sind bereits an den betreffenden Stellen angegeben worden.

Zur Durchbohrung der Bogengänge bediente sich Ewald*) früher einer Zahnbohrmaschine, welche durch Wasserstrahl in Drehung versetzt wurde. Dasselbe Resultat kann jedoch auch mit Handbohrern erzielt werden. Zur Blutstillung ist ferrum sesquichloratum zu vermeiden, da es ein starkes Reizmittel ist, welches, wie wir bereits gesehen haben, sich durch die porösen Knochen tief ins Innere hineinzieht und so eine Menge unerwünschter Komplikationen hervorruft.

Behufs Zerstörung der Weichteile im Innern der Schnecke wird durch die Öffnung ein dünner Draht oder Extraktor — wie ihn die Zahnärzte zur Entfernung der Zahnpulpa gebrauchen — eingeführt.

Da beim Experimentieren sehr winzige Organe beschädigt werden, so mufs man zwecks möglichst genauer Lokalisierung der Eingriffe sich

Fig. 179.



auch der Vergröfserungsgläser bedienen. Hierzu genügt unter Umständen eine jede beliebige Lupe. Vorzuziehen sind jedoch diejenigen, welche ein aufrechtes Bild liefern. Ewald bediente sich der Schultzschen (von Westien in Rostock angefertigten) Lupe. Durch eigene Prüfung hat sich

*) Ewald hat einige neue spezielle Instrumente angegeben, welche an den betreffenden Stellen schon höher oben erwähnt sind.

der Verfasser von ihren Vorzügen beim Operieren überzeugt. Infolge des aufrechten Bildes und des binocularen Sehens arbeitet es sich unter derselben leicht und sicher. Behufs stärkerer Beleuchtung des Operationsfeldes wirft Verfasser mittels einer konkaven Linse Licht auf dasselbe.

Bei seinen Versuchen an der Schnecke beleuchtete der Verfasser die Paukenhöhle mit einem Stirnreflektor von kurzer Brennweite oder mit einer elektrischen Stirnglühlampe. Bisweilen bediente sich Verfasser auch der Durchleuchtung, indem er die Glühlampe in den Hals des Meerschweinchens einführte. In diesem Falle dürfen zu den Versuchen nur weifse Meerschweinchen genommen werden, deren Haut kein Pigment enthält.

Will man ferner die Folgeerscheinungen beobachten, so mufs der Versuch unter strenger Beobachtung aller Vorschriften der Anti- und Asepsis angestellt werden. Die Instrumente müssen in siedendem Wasser sterilisiert werden. Dem Verfasser gingen seine Meerschweinchen an Eiterung fast nie zu Grunde; trotzdem sie vollständig taub waren, fuhren sie fort, sich zu vermehren. Jedes Tier, an dem ein Versuch angestellt war, wurde in einen besonderen Behälter gesetzt. Die Aufsenwunde wurde vernäht und mit Photoxylin bedeckt.

Soll man in Narkose operieren?

Wir haben auf S. 331 gesehen, dafs die Narkose eine abschwächende Wirkung auf das Auftreten anormaler Bewegungsstörungen ausübt. In Anbetracht dieser Thatsache nahm Verf. die stets mehr oder weniger schmerzhafte Freilegung von Teilen des Labyrinths in der Narkose und die Verletzung des inneren Ohres erst einige Zeit nach dem Erwachen des Tieres vor. Zugleich operierte er zur Kontrolle ohne Narkose.

Das Chloroformieren von Vögeln mufs mit der gröfsten Vorsicht vorgenommen werden, da dieselben leicht hierbei zu Grunde gehen. Schon einige Tropfen genügen, damit der Vogel betäubt seinen Kopf sinken läfst. Dagegen wird die Äthernarkose von den Vögeln ausgezeichnet vertragen.

Hunde lassen sich gut chloroformieren. In einigen Fällen injizierte man Morphium subkutan oder Curare in die Jugularvene (Hensen).

Meerschweinchen ertragen das Chloroformieren, wenn es allmählich geschieht, gut.

Instrumente zur Prüfung des Gehörs.

Bei der Prüfung des Gehörs von Tieren wendet man dieselben Instrumente an wie beim Menschen. Das Haupterfordernis, dem diese akustischen Apparate genügen müssen, ist, dafs sie möglichst reine Töne, d. h. Grundtöne ohne Obertöne, geben.

Bisher hat man zur Prüfung des Gehörs fast alle musikalischen Instrumente angewandt, die sich untereinander durch ihre Klangfarbe

unterscheiden. Tiefe musikalische Töne werden auf der B-Tuba, die höchsten unmusikalischen auf den Königschen Stahlcylindern (bei 40 000 Schwing. in der Sek.) und auf der Galtonschen Pfeife (von 7000—84 000 Schwing. in der Sek.) hervorgebracht.

Die reinsten Töne lassen sich mittels Stimmgabeln erzeugen, deren Zinken durch Gewichte beschwert sind; doch ist der Ton derselben so wenig scharf, dafs die Tiere fast gar nicht auf denselben reagieren, wenn sie ihn auch sicherlich hören. Stärkere reine Töne kann man auf gedeckten Orgelpfeifen hervorbringen. Aufserdem hat man die Mundharmonika, die einfache Harmonika, Schellen, Händeklatschen, Schüsse aus dem Revolver oder der Pistole, das Cri-cri, verschiedene Ausruflaute u. s. w. benutzt. Um andauerndere und gleichmäfsigere Töne auf der Galtonschen Pfeife zu erzielen, bläst man dieselbe nicht mittels eines Ballons, sondern mittels eines Guttaperchaschlauches, der in den Mund genommen wird, an. Beim Anblasen der Pfeife mittels eines Ballons entsteht zugleich mit dem Ton ein zischendes Geräusch, welches das Resultat der Untersuchung beeinflufst. Baginsky nahm bei seinen Versuchen an Hunden die Prüfung mittels einer von Munk konstruierten Orgel vor. Dieselbe bestand aus 9 Pfeifen von C_1, F bis c^5; die Pfeifen für hohe Noten waren offen, die übrigen gedeckt. Bei dieser Konstruktion gewann man, wenn vorsichtig angeblasen wurde, reine Grundtöne. Mittels einer Klaviatur konnte die Prüfung des Gehörs von einer einzigen Person ohne weitere Beihilfe ausgeführt werden, ein Umstand, der nach Baginskys Ansicht sehr wichtig ist, wenn man genaue Resultate erhalten will, da durch die Anwesenheit einer zweiten Person die Aufmerksamkeit der Hunde abgelenkt wird.

Indicien, aus denen man auf Schallempfindungen der Tiere schliefsen kann.

Alle bekannten Indicien, aus denen auf Schallempfindungen der Tiere geschlossen werden kann, zerfallen in zwei Gruppen: in *subjektive* und *objektive*.

A. Subjektive Indicien der Schallempfindungen.

Zur Gruppe der subjektiven Symptome rechnet Verf. das *Verhalten* der Tiere, das sich in folgender Weise äufsern kann:

1. durch Indifferenz gegenüber dem Schall,
2. durch Annäherung des Tieres an die Schallquelle,
3. durch Flucht vor derselben.

Autenrieth und Kerner (1809) richteten sich bei ihren Folgerungen ausschliefslich nach dem Verhalten der Tiere. Allein dieses Indicium

ist nicht konstant, da die meisten Tiere sich rasch an den hervorgebrachten Schall *gewöhnen*. Eine Ausnahme in dieser Hinsicht machen nur manche Hunde, welche infolge einer Idiosynkrasie gegen gewisse Töne ein klägliches Geheul erheben. In anderen Fällen horchen die Tiere aufmerksam auf die hervorgebrachten Töne. Durch welche Art des Schalles man aber das Ohr reizen mag, ist es zur Vermeidung unrichtiger Resultate unerläfslich gewisse Vorsichtsmafsregeln zu beobachten, die alle darauf hinauslaufen, dafs die *Aufmerksamkeit* des Tieres nicht durch Erregung anderer Sinnesorgane (Geruch, Gesicht, Gefühl) *abgelenkt* werde. Um zu zeigen, in welcher Weise hierbei einige Autoren verfuhren, möge die Beschreibung der von ihnen angewandten Methoden hier folgen.

Beobachtungen an Crustaceen.

Indicien, aus denen **Hensen** (1861) auf das Vorhandensein des Gehörs bei Krebsen schlofs.

Palaemon antennarius. Junge, frisch gefangene Tiere machen, in ein Aquarium gesetzt, in der ersten Zeit bei jedem Schall, der durch Schlag gegen den Boden oder die Wände des Gefäfses erzeugt wird, kräftige Sprünge. Schallose Erschütterungen der Wände scheuchen sie aus ihrer Ruhe nicht auf. Jeder Schlag gegen ein auf der Oberfläche des Wassers schwimmendes Brettchen ist mit einer Reflexbewegung verbunden. Ein einfacher Stofs gegen das Brettchen, d. h. eine tonlose Erschütterung ist von keinem Sprunge begleitet. Die Versuche müssen sehr vorsichtig angestellt werden, da diese Tiere sehr scheu sind. An Tieren, die man auf einige Stunden in wässerige Strychninlösung getaucht hatte, konnte man sich noch anschaulicher von der Existenz des Gehörs überzeugen. In diesem Falle verursachen schon schwache Töne im Hause, in der Nähe des Tisches oder des Gefäfses wiederholte reflektorische Sprünge. Bemerkenswert ist folgendes: Das vergiftete, unbeweglich daliegende Tier wird an der Antenne ohne alle Anzeichen einer Bewegung in die Höhe gehoben. Man braucht aber nur einen Ton hervorzubringen, so reifst sich das Tier mit einer heftigen Bewegung aus der Pincette los. Mysis spinulosa wird noch stärker als Palaemon erregt. Junge Exemplare, die unter dem Mikroskop beobachtet wurden, breiteten bei jedem Geräusch die Schwanzplättchen auseinander.

Bei Carcinus maenas konnten keine bestimmten Bewegungen hervorgerufen werden. Man kann leicht einen Fehler begehen, wenn man bei der Gehöruntersuchung von Carcinus maenas nicht vorsichtig zu Werke geht. Bei dem leisesten Lufthauch, nicht aber auf Schall, zog das Tier die Augen ein. Diese aufserordentliche Empfindlichkeit ist, wie es scheint, durch die die Augen umgebenden Haare bedingt.

Hensen erwähnt nichts davon, auf welche Weise er bei seinen Versuchen die Gefühls- und Gesichtsempfindungen, die in gleicher Weise Reflexbewegungen auslösen, ausschaltete.

Beobachtungen an Insekten.

Anzeichen, nach denen **Graber** (1882)[352]) auf Schallempfindungen bei den Insekten schlofs.

Um die Existenz eines Gehörorgans bei Insekten zu konstatieren, genügt es nicht, in der Nähe des Tieres einen Ton oder ein Geräusch hervorzubringen. Die Insekten reagieren ebenso wie die höheren Tiere auf einen Reiz der Sinnesorgane durch irgend eine Bewegung (Bewegungserscheinung). Eine solche Reaktion äussert sich bei Tönen nur dann, wenn der Ton eine gewisse Höhe oder Stärke erreicht. Die Insekten reagieren ebenso wie wir, nur unter bestimmten Bedingungen, nach einer gewissen Pause, auf Schall; darum ist es geboten, zur Ausführung der Versuche eine Zeit zu wählen, zu der absolute Ruhe herrscht z. B. die Nachtzeit.

a) *Versuche mit Luftinsekten.*

Ein sehr empfindliches und zu Versuchen geeignetes Objekt ist Blatta germanica L. Zur Gehörprüfung setzt man ein unter möglichst normalen Bedingungen frisch gefangenes Tier auf den Boden und streicht auf einer Violine innerhalb gewisser Intervalle verschiedene Töne an. Spielt man in einiger Entfernung laut, so hält das Tier plötzlich für einige Zeit still. Dieses wiederholt sich jedes Mal, wenn nur der Ton nicht besonders häufig erklingt. Bei diesem Versuch ist bei der Beobachtung gewisser Vorsichtsmafsregeln jede starke Bewegung der Luft oder Erschütterung des Bodens ausgeschlossen, die ihre Schwingungen dem Tier mitteilen und das Stillstehen desselben infolge einer Tastempfindung verursachen könnte. Um auch grobe Luftbewegungen auszuschalten, setzt man einige Insekten unter ein Glas und bringt dann einen Ton von genügender Stärke und Höhe hervor. Auch in diesem Falle laufen sie schnell unter Zeichen von Unruhe oder fallen von den Wänden des Glases.

Ein geblendetes Tier wurde mit einem Hinterbein an einem Faden aufgehängt. Nach 6 Stunden fand man es ganz unbeweglich. In der Entfernung von einem Meter wurde mit dem Violinbogen gegen die Saiten gestrichen. Das Bein kontrahierte sich plötzlich sehr heftig. Diese Erscheinung wiederholte sich jedes Mal, sobald nur der Ton in gewissen Pausen hervorgebracht wurde.

Dafs das Gehörorgan nicht auf einen einzigen bestimmten Teil des Körpers, den Kopf der Insekten, beschränkt ist, sondern in verschiedenen Körperteilen liegen kann, wofern sich nur daselbst chordotonale Organe vorfinden, dafür können die folgenden Versuche als Beleg dienen:

1. Versuch. 6 Bl. germ. wurden mit einer Schere die Köpfe weggeschnitten. Die decapitierten Tiere wurden in normaler Stellung auf ein sehr dickes Brett gestellt. Anfänglich fielen die meisten von ihnen rücklings über. Nach einigen Minuten hatten sie sich erholt und blieben unbeweglich auf den Beinen stehen. Durch Reiben eines Glases gegen ein anderes wurde ein unangenehmer, schriller Ton hervorgebracht. Bei diesem Tone begannen 3 Insekten sofort krampfhaft die Beine zu bewegen und fielen schliefslich rücklings über.

---

[352]) VICTOR GRABER. Die chordotonalen Sinnesorgane und das Gehör der Insekten. II. Physiologischer Teil. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 21. 1882. p. 67. Experimenteller Nachweis des Schallempfindungsvermögens der Insekten.

2. Versuch. Nach einer Stunde standen wieder 5 Insekten unbeweglich auf derselben Stelle. Auf einer Glasglocke wurde nun der Ton h hervorgebracht und auf 2 cm genähert. 4 Exemplare bewegten heftig die Beine, eins derselben legte infolge dieser Bewegung eine 1 cm lange Strecke zurück.

3. Versuch. Nach 4 Stunden lagen alle Insekten unbeweglich auf dem Rücken. In einer Entfernung von 20 cm wurde auf einer Violine ein Ton angestrichen. Während die andern Tiere unbeweglich blieben, rührte eins die Beine so heftig, dafs es hierdurch auf dem Tische 1 cm weiter befördert wurde.

4. Versuch. Nach 6 Stunden reagierten noch zwei Insekten krampfhaft auf Violintöne und zwar am stärkten auf a^1, a^2 und a^4.

5. Versuch. Nach 9 Stunden waren nur zwei Tiere am Leben geblieben. Nachts wurde in $^1/_2$ m Entfernung auf der Violine ein Ton angestrichen; dabei hob sich eins der Tiere krampfhaft empor. Diese Versuche wurden einige Male nnd stets mit demselben positiven Resultat wiederholt.

Von anderen Insekten reagierten Exemplare von Cocinella ebenso wie die Schaben, nur etwas schwächer. Auf Engerlinge und Ameisen *), übten die stärksten Töne und Geräuche keine Wirkung aus.

b) *Versuche mit Wasserinsekten.*

An diesen Tieren sind Beobachtungen weit leichter anzustellen, da sie längere Zeit im Aquarium gehalten werden können. Frisch gefangene Tiere sind empfindlicher gegen den Schall, als solche, die schon lange Zeit im Aquarium leben.

Die Versuche wurden an der Species Corixa (Ruderwanze) aus der Familie der Hemipteren vorgenommen. Die kleinen Arten von Corixa sind vortreffliche Objekte für Schallexperimente, da diese Insekten nicht selten 5 Minuten lang und länger völlig unbeweglich auf ein und demselben Flecke bleiben und, erst wenn sie alarmiert werden, blitzschnell davoneilen, sich einige Zeit drehen und dann momentan zur Ruhe gelangen. Bei mäfsigen Schlägen gegen die Wände des Aquariums entfernen sich alle Corixae von der Schallquelle und schwimmen in wilder Unordnung in allen möglichen Richtungen umher. Um nun zu beweisen, dafs hierbei Tastempfindungen nicht in Betracht kommen, stellte man folgenden Kontrollversuch an: Mittels einer kleinen knöchernen Scheibe, die an einem Stöckchen befestigt ist, wird das Wasser in Bewegung gesetzt, indem man die Scheibe bald den Insekten nähert, bald von ihnen entfernt. Während der Wellenbewegung des Wassers bleiben die Tiere vollkommen ruhig und schwimmen schaukelnd mit dem Wasser mit. Man braucht jedoch nur auf dem äussern Ende des Stöckchens eine elektrische Klingel anzubringen und sie in Bewegung zu setzen, damit die Tiere in wilde Flucht geraten. Aus diesem Experiment geht hervor, dafs nicht die groben Massenbewegungen des Wassers, sondern nur die molekularen Schallbewegungen auf sie einen Einflufs ausüben. Wurde eine Glasglocke (h) mit einem Violinbogen in Schwingungen versetzt und mit ihrem Rande in das

*) LUBBOCK. Fourmis de la Suisse. 1874. p. 121. „L'ouie semble par contre manquer complétement."

Die stärksten und schneidendsten Töne von Pfeifen und Saiteninstrumenten blieben ohne Wirkung. Auf Grund dieser Beobachtung will GR. die Existenz eines Gehörorgans bei den Ameisen nicht unbedingt verneinen, vermutet jedoch, dafs diese Tiere Laute wahrnehmen müssen, die unserm Ohr unzugänglich sind. Vielleicht beobachtet man hier das nämliche, wie hinsichtlich des Einflusses der Farben auf die Ameisen, welche am stärksten auf ultraviolette Strahlen reagieren.

Wasser getaucht, so riefen sie bei den Tieren unkoordinierte Bewegungen hervor.

In den angeführten Versuchen kam die Schallquelle mit dem Wasser in Berührung. Es erübrigt nun noch, die Beobachtungen Hensens, dafs die Insekten auch Töne direkt aus der Luft percipieren, zu bestätigen. Spielte man in der Nähe des Gefäfses auf einer Violine, so ergäb sich bei den tiefen Tönen der g-, d- und a-Seite ein negatives Resultat. Erhöhte man allmählich den Ton, so wurde die Zahl der fliehenden Corixen immer gröfser.

Derselbe Effekt erfolgte bei einem Hammerschlage gegen eine über dem Aquarium befindliche Blechplatte, sowie bei einer auf hohe Töne abgestimmten Orgelpfeife.

Die Einwirkung des Schalles kann noch besser an zwei kleinen Wasserkäfern, Laccophilus und Laccobius (aus der Gattung Dyticidae, Fam. Coleoptera) demonstriert werden. Diese Insekten eilten bereits bei leisen Tönen einer Schelle früher als die Corixen davon. Dyticus marginalis reagierte auf den Ton e^2 der Schelle sehr regelmäfsig. Nepa cinerea (aus der Gattung Nepidae, scorpionähnliche Wasserwanzen, Fam. Hemiptera) führten bei Violintönen wilde Bewegungen aus.

Doch auch unter den Wasserinsekten fanden sich, wie unter den Luftinsekten, solche Tiere, die auf Töne nicht reagierten. Hierher gehören die Larven verschiedener Insekten, speziell der Ephemeriden. Ein in unmittelbare Berührung mit dem Aquarium gebrachter Ton regte diese Tiere nicht im geringsten auf. Dagegen sind sie gegen grobe Bewegungen und auf Wasserströme weit empfindlicher. Ein in das Aquarium geworfenes und geräuschlos auf den schlammigen Boden sinkendes Steinchen störte die Corixen in ihrer Ruhe nicht, trieb jedoch die Ephemeridenlarven in die Flucht. Derselbe Versuch jedoch, in der Weise wiederholt, dafs das Steinchen auf eine Glasplatte aufschlug und so einen Schall erzeugte, brachte die Corixen in Bewegung.

Durch die citierten Versuche wird augenfällig bewiesen, dafs die *Insekten hören*. Ferner wird hiermit bewiesen, dafs bei den Insekten Höreindrücke zum Bewustsein gelangen, wie sich aus folgendem schliefsen läfst.

1. Die Insekten gewöhnen sich an den Schall; genauer ausgedrückt: sie beginnen bei Wiederholung eines Schalles schwächer zu reagieren oder reagieren überhaupt nicht. Hätten wir es in diesen Fällen mit einem einfachen Reflex zu thun, so würde ein solch rasches Gewöhnen an Töne nicht eintreten.

2. Die Insekten ergreifen ebenso wie die höheren Tiere bei Tönen nicht immer die Flucht, sondern nähern sich denselben zuweilen. Diese Erscheinung treffen wir bei der Heuschrecke an, bei der das Männchen durch sein Zirpsen das Weibchen anlockt. Unter den Vögeln ist diese Erscheinung ebenfalls sehr verbreitet.

3. Die Insekten reagieren nicht in einerlei Weise auf Stärke und Höhe des Tones. Dafs sie die Stärke des Tones unterscheiden, läfst sich aus dem Umstande schliefsen, dafs die Bewegungen eines aufgescheuchten Laccophilus je nach der Stärke des erzeugten Tones bald stärker, bald schwächer sind.

Es fragt sich jedoch, ob die Insekten thatsächlich nur hören, die Luftschwingungen jedoch nicht empfinden. Wäre dies der Fall, so würde die Existenz eines speziellen Gehörorgans ganz überflüssig sein. Indessen können wir aus der Analogie mit unseren Sinnesorganen erwidern, dafs auch bei diesen Tieren mit Hilfe des Tastsinns nur grobe Luft-, nicht Schallschwingungen percipiert werden.

Beobachtungen an Vögeln.

Anzeichen, aus denen **Flourens** auf Schallempfindungen bei Vögeln schlofs.

Fl. hat uns keine Indicien angegeben, aus denen wir bei Vögeln die Beschaffenheit des Gehörs nach einer Operation feststellen könnten. Dagegen lenkte er die Aufmerksamkeit auf einige Vorsichtsmafsregeln, deren Nichtbeobachtung zu falschen Resultaten bei der Gehörprüfung führen kann.

1. Wird die Operation nur an einem Ohr vorgenommen, so ist das andere gänzlich zu zerstören, da ein dichtes Verstopfen des Ohres nicht vor einem Fehler, d. h. vor der Möglichkeit, dafs die Schallwellen in den Gehörgang eindringen, sichert.

2. Während der Gehörprüfung ist jede starke Luftbewegung, die auf die sensiblen Nerven der Haut einwirken könnte, zu vermeiden. Deshalb mufs zwischen der Schallquelle und dem Tier ein Schirm aufgestellt werden. Der Tisch, auf dem der Versuch ausgeführt wird, mufs fest fixiert sein.

3. Die Augen sind unbedingt auf irgend eine Weise auszuschalten, da das des Gesichts beraubte Tier jeden auch noch so leisen Laut oder Ton aufmerksamer verfolgen wird. *)

Indicien, aus denen **Ewald** auf Schallempfindungen bei Tauben schlofs.

Ewald hielt sich im allgemeinen an die Vorschriften Flourens' und modifizierte dieselben den Umständen gemäfs.

Am Abend des Operationstages reagierten die Tauben auf Schall sehr lebhaft. Die Hörprüfung wurde stets nachts vorgenommen, wenn das Tier mit geschlossenen Augen dasafs. Dabei erhob der Vogel plötzlich den Kopf, öffnete die Augen, sah sich um, liefs die Federn hängen und machte bisweilen einige Schritte.

Der Schall wurde auf die mannigfachsten Arten hervorgebracht, wobei das Hauptaugenmerk auf die Erzielung von Schallwellen und Vermeidung von groben Luftströmungen gerichtet war. Während der Hörprüfung steht

---

*) „II. J'observe, avant d'aller plus loin, que, dans toutes ces expériences, j'ai toujours opéré simultanément sur les deux oreilles; quand on n'opère que sur une oreille, il faut boucher l'autre. Mais comme on n'est jamais sûr de l'avoir exactement bouchée, il vaut infiniment mieux soumettre en même temps les deux oreilles aux mêmes épreuves, et les maintenir ainsi constamment dans le même état.

III. Je me hâte d'avertir encore que, dans les épreuves auxquelles on soumet l'animal pour s'assurer s'il entend ou non, on doit apporter la plus grande attention à empêcher que l'agitation de l'air, produite par le choc qui cause le bruit, ne vienne se mêler à l'effet des ondulations sonores. J'interpose toujours un *écran* entre le point ou le bruit est produit, et le point que l'animal occupe; et j'évite avec le plus grand soin tout choc qui pourrait communiquer le moindre ébranlement, soit à l'appartement, soit à l'objet sur lequel l'animal repose.

IV. Enfin, une troisième précaution non moins essentielle, est de boucher exactement *les yeux* à l'animal, afin qu'il ne soit pas exposé à croire qu'il entend lorsqu'il ne fait que voir; et que d'ailleurs ne voyant plus, il soit plus attentif au moindre bruit qu'il pourrait entendre."

p. 450. „Cette sensibilité douloureuse de l'ouïe se dissipe à mesure que la plaie se cicatrise."

die Taube in einem Käfig auf einer einige mm dicken Schicht Watte, ohne irgendwo die Wände zu berühren. Jeder Käfig ist an einem Faden an der Decke des Zimmers aufgehängt. 7 m vom Vogel entfernt stöfst jemand mit nach der entgegengesetzten Seite gewandtem Gesicht einen Schrei aus.

In anderen Fällen wurde die Taube unter Beobachtung derselben Vorsichtsmafsregeln über einem Klavier aufgehängt. Der Vogel reagierte auf alle Töne bis zur höchsten Oktave des Kammertons a.

Das sicherste Verfahren, um festzustellen, ob der Vogel hört, ist folgendes: Die Taube steht im Käfig auf Watte. Ein mehrere Meter langer Schlauch wird 10 cm vom Kopf des Vogels entfernt mit dem einen Ende an einem Stativ befestigt, ohne dafs er die Wände des Käfigs berührt. Beim Anziehen und Zupfen des Schlauches bleibt der Vogel in Ruhe. Ebenso, wenn man durch denselben die Luft inspiriert. Wird aber durch die Inspiration ein Ton erzeugt, so empfindet die Taube denselben. Ist der Schlauch lang, so kann der Versuch aus dem Nebenzimmer angestellt werden, aus dem man durch die halb geöffnete Thür das Verhalten des Tieres beobachtet.

Als Resultat ergab sich, dafs die Taube nach Entfernung beider membranösen Labyrinthe des Trommelfells und der columella und nach Wegschneiden sämmtlicher Federn hört. Erst nach Zerstörung des Hörnervenstranges mittels Spuren von Krotonöl oder mittels einer Arsenikpaste wurde das Tier völlig taub (S. 171).

Beobachtungen an Säugetieren.

Anzeichen, aus denen **Autenrieth** und **Kerner** (1809) auf Schallempfindungen bei den verschiedenen Säugetieren schlossen.

A. und K. schlossen auf eine Reaktion auf Schall aus dem *Verhalten der Tiere* oder aus der *Bewegung gewisser Körperteile*. So z. B. erwachten Katzen bei hohen Tönen, und Hunde erhoben ein entsetzliches Geheul, gähnten, schüttelten den Kopf oder zuckten auch krampfhaft zusammen. Einige Tiere liefen bei gewissen Tönen davon, andere dagegen beschnupperten das Instrument, lauschten den Tönen desselben mit Aufmerksamkeit, hörten auf zu fressen (Schweine), sprangen umher, bewegten oder spitzten die Ohren (Kühe, Pferde).

Auf Grund dieser Beobachtungen kamen diese Forscher zu folgenden Folgerungen:

1. Die Katze war durch tiefe Töne nicht zu erwecken, und wenn dieses gelang, geschah es nur mit Mühe; bei schwachen hohen Tönen jedoch wachte das Tier sofort auf.

2. Hunde von verschiedenen Rassen blieben bei tiefen Tönen ruhig und beschnupperten sogar die Instrumente. Hohe Töne veranlafsten ein entsetzliches Geheul, krampfhaftes Zusammenzucken und Schütteln des Kopfes.

3. Der Igel lief bei hohen Tönen sogleich davon; auch die Maus war bei denselben sehr unruhig.

4. Das Schwein lauschte tiefen und hohen Tönen mit Aufmerksamkeit zu. Herbivoren reagieren auf Töne nicht sonderlich merkbar.

5. Die Kuh und das Pferd spitzen bei Tönen die Ohren oder heben den Kopf. Hohen Tönen gegenüber verhalten sie sich aufmerksam.

6. Schafe wurden nur bei tiefen Tönen unruhig.

7. Kaninchen liefen bei hohen Tönen davon.

Einwand **Essers** (1827) gegen Autenrieth und Kerner.

Esser, der die Unzulänglichkeit der Ansicht Autenrieths und Kerners, dafs die verschiedenen Töne von verschieden langen Trommelfellfasern percipiert werden, beweisen wollte, prüfte auf die Versuche dieser Autoren hin die Wirkung der Töne auf Säugetiere. Auf Grund seiner Beobachtungen kam er zu dem Schlufs, dafs die Folgerungen von Au. und K. nicht ganz genau sind.

1. Katzen erwachten bei hohen und tiefen Tönen gleich gut.

2. Bei Mäusen und Maulwürfen war eine besondere Wirkung eines hohen oder eines tiefen Tones nicht wahrzunehmen. Bei einem Maulwurf, der sich an der Oberfläche der Erde befand, trat eine grofse Empfindlichkeit gegen alle Töne zu Tage, die wieder verschwand, wenn er sich unter der Erde befand (wie konnte sich E. hiervon überzeugen?).

3. Das Schwein verhielt sich den Tönen gegenüber vollkommen indifferent.

4. Pferde und Kühe verhielten sich hohen Tönen gegenüber sehr aufmerksam; tiefe Töne erschreckten sie.

5. Kaninchen erschraken bei tiefen und hohen Tönen gleich heftig.

6. Hinsichtlich der Hunde stimmt E. zum Teil mit Au. und K. überein. Alle Hunde lassen sich nach ihrem Verhalten zum Schall in drei Gruppen einteilen: die erste ist für tiefe, die zweite für hohe Töne sehr empfänglich, und die dritte endlich verhält sich allen Tönen gegenüber völlig gleichgültig. Wodurch ist dieser bedeutende Unterschied in der Empfänglichkeit der einen Tierrasse im Vergleich zu der andern bedingt? Mit Sicherheit läfst sich nur antworten, dafs dieselbe von dem Grade der Erregbarkeit des Nervensystems abhängt, teils auch, wie bei Menschen, in einer Idiosynkrasie, nicht aber in einer Verschiedenartigkeit des Baues des percipierenden Organs ihre Ursache hat. Man mufs überhaupt im Beurteilen des Zustandes eines Tieres äufserst vorsichtig zu Werke gehen. Wie kann man sich z. B. mit Bestimmtheit davon überzeugen, dafs es in einen tiefen Schlaf versunken ist und nicht blofs einfach die Augen geschlossen hat? In Betracht zu ziehen ist ferner auch der Grad der Aufmerksamkeit des Tieres bei den betreffenden Tönen, an die bisweilen irgend welche angenehme Erinnerungen verknüpft sein können. So kamen z. B. nach Esser manche Hunde nur auf eine hohe Terz, die ihnen ein leckeres Stück Fleisch verhiefs, herbeigelaufen.

Beobachtungen **Cuviers.**

Der Elefant percipierte am besten tiefe Töne und schenkte hohen keine Aufmerksamkeit. Auf letztere reagierte auch der Löwe nicht, der bei tiefen wild wurde.

Anzeichen, aus denen **Gellé** (1881) auf Schallempfindungen bei den Meerschweinchen schlofs.

Nach Zerstörung der Schnecke wurde das operierte Meerschweinchen von den anderen gesunden Tieren nicht getrennt; es lief mitten unter ihnen ganz frei und ohne die geringsten Spuren von Bewegungsstörungen umher und frafs. Ab und zu spitzte es die Ohren und safs einige Zeit unbeweglich da, als

wenn es über etwas verwundert wäre. Die Ohrmuschel war einige Zeit nach der Operation infiltriert. Bei einem plötzlichen Geräusch machte das operierte Tier dieselben Bewegungen wie seine Nachbaren. Hieraus folgert GELLÉ, dafs es nicht taub war.

Die angeführten Beobachtungen sind wenig überzeugend, da die Augen des operirten Tieres nicht ausgeschaltet waren, es somit die Bewegungen der anderen gesunden Meerschweinchen leicht nachahmen konnte.

Beobachtungen an Hunden.

Anzeichen, aus denen **Munk** (1881) auf Schallempfindungen bei den Hunden schlofs.

MUNK rät bei der Beurteilung der Empfindungen der Tiere, von denen wir uns nur aus dem Verhalten derselben einen gewissen Begriff bilden können, zu äufserster Vorsicht.*) MUNK selbst schlofs auf *völlige* Taubheit der Hunde nach Zerstörung beider Hörsphären oder einer Sphäre und einer Schnecke derselben Seite aus folgenden Anzeichen:

Vor der Operation erweckte das kleinste Geräusch die Aufmerksamkeit des Tieres und war mit einer Bewegung desselben verbunden; nach der Operation aber blieb es gegen Schreien, Rufen und Lärmen völlig gleichgültig. Man konnte spielen, pfeifen und das Tamtam schlagen, dessen Töne kaum der Mensch erträgt und die bei anderen Hunden ein unbeschreibliches Geheul hervorriefen — das operierte Tier rührte sich nicht, mochte es liegen, stehen oder gehen. Die Ohrmuscheln, die er im normalen Zustande beim Hören aufrichtete, bleiben völlig unbeweglich. Allerdings darf der Hund bei allen angeführten Manipulationen nichts sehen. Während der ersten Wochen bellt er noch, aber nur kurz, auffallend rauh und monoton. Später knurrt er nur sekundenlang; ungefähr nach 14 Tagen hört er ganz auf zu bellen. Demnach wird der Hund taubstumm. Er verhält sich seiner ganzen Umgebung gegenüber völlig indifferent, während die übrigen Hunde sich das Futter und die Hündinnen streitig machen und die Vorübergehenden anbellen. Der Intellekt des Hundes ist anscheinend nicht erschüttert, da er den Menschen wie früher ansieht und seinen Wunsch durch den Blick auszudrücken sucht.

Auf eine unvollständige Taubheit nach nur partieller Zerstörung der Hörsphären oder totaler Vernichtung einer Sphäre bei Integrität der Schnecke auf der *operierten* Seite schlofs MUNK aus folgenden Anzeichen: Der Hund spitzt bei Tönen nur das Ohr der operierten Seite; (dies weist darauf hin, dafs die Acusticus-

*) MUNK, l. c. p. 480.

„Bietet schon beim Menschen die analysierende Prüfung des Hörvermögens die gröfsten Schwierigkeiten, so sind dieselben beim Hunde noch aufserordentlich gesteigert durch die Unanwendbarkeit wertvoller Prüfungsweisen und vor allem durch die mangelhafte und bedingte Auskunft, welche das Verhalten des Hundes gewährt. Wie der Hund hört, d. h. *was* er hört, wenn er den Schall wahrnimmt, bleibt ja aufser in dem Fall, dafs er den Zuruf nicht in gewohnter Weise versteht, d. h. nicht mit den gewohnten Handlungen beantwortet, überall ganz unbekannt: und dafs er einen Schall nicht hört, läfst sich aus dem Ausbleiben von Bewegungen auch blofs entnehmen, wenn der Schall dem Hunde ungewohnt und dabei seine Aufmerksamkeit zu erregen wohl geeignet war, und wenn zugleich diese Aufmerksamkeit nicht zur Zeit nach anderer Richtung hin wesentlich abgelenkt war.“

bahnen sich kreuzen und dafs das Centrum der Hörempfindungen in der Hirnrinde der entgegengesetzten Seite liegt) oder es hob sich wenigstens dieses Ohr früher und stärker als das andere. Dabei drehte der Hund den Kopf oder den Rumpf stets nach der Seite der Verletzung. Wurde das Ohr auf der operierten Seite verstopft, so nahm das Gehör in bedeutendem Mafse ab.

(l. c. p. 481). Völlige Taubheit trat stets mit der Entfernung einer Hörsphäre und der Zerstörung der Schnecke derselben Seite ein. Wurde nur die *hintere* Partie der Hörsphäre in der Nähe des Cerebellum entfernt, ohne dafs gleichzeitig die Schnecke derselben Seite zerstört wurde, so reagierte das Tier auf Pfeifen mit dem Munde und auf *hohe* Töne von Orgelpfeifen (c^3, c^4, c^5); mit der Vernichtung des *hinteren Drittels* der Sphäre dagegen oder eines noch geringeren Teils derselben trat Taubheit gegen tiefe Töne (C, c) ein. Bei der Vernichtung von Stücken der Sphäre, die für tiefe Töne bestimmt sind, verlernte der Hund das Bellen. Blieb das untere Drittel der Sphäre erhalten, so schien er alles zu hören, obwohl er das Rufen nicht verstand, und bellte noch weiter. Blieb das obere Drittel erhalten, so reagierte er auf verschiedene Töne und Geräusche wenig, bisweilen überhaupt nicht, und bellte wenig und nicht anhaltend. Eine völlige Schalltaubheit konnte in diesen Fällen nicht konstatiert werden. Daraus folgt, „dafs die hintere Partie der Hörsphäre in der Nähe des Kleinhirns der Wahrnehmung *tiefer* Töne, die vordere Partie der Hörsphäre in der Nähe der fassa sylvii der Wahrnehmung *hoher* Töne dient".

Baginsky, der unter der Leitung Munks arbeitete, hat zu den Angaben des letzteren nichts Wesentliches hinzugefügt. Behufs Ausschaltung des Hörvermögens des einen Ohrs wurde die Schnecke der anderen Seite so weit aufgebrochen, dafs völlige Taubheit eintrat. Eine solche Ausschaltung des einen Ohres gelang jedoch nicht stets, da die Verletzung nicht selten Meningitis oder starkes Verdrehen des Kopfes nach sich zog. Derartige Zufälligkeiten, die natürlich in einer ungenügenden Antisepsis ihre Ursachen hatten, machten eine ganze Zahl von Hunden zu ferneren Beobachtungen ungeeignet. An anderen Tieren wieder konnten solche wegen ihrer Unaufmerksamkeit und grofsen Unruhe nicht angestellt werden.

Zur Feststellung der Ausdehnung der vorgenommenen Zerstörung und konsekutiven Entzündung führte B. Serienschnitte durch das Labyrinth aus, an denen man die Degeneration der Nervenfasern, des ganglion spirale und der intumescentia Scarpae verfolgen konnte. An den Stellen, wo ein Eingriff stattgefunden hatte, war Narbengewebe vorhanden, das auf die benachbarte Windung überging oder die ganze zerstörte Schnecke ausfüllte. Die Elemente der unverletzten Windungen waren nach Baginskys Versicherung „durchaus normal" (!?). Bisweilen trat nach einer Verletzung der Schneckenbasis eine Bindegewebswucherung im Acusticusstamme auf.

Die Prüfung des Hörvermögens selbst geschah unter absoluter Stille; dabei mufs sich der Untersucher mit grofser Geduld wappnen. Erst wenn der Hund sich beruhigt und hingesetzt hat, schreitet man zur Untersuchung des Gehörs und bringt auf Orgelpfeifen Töne von verschiedener Höhe hervor, nach kurzen Pausen, da eine zuverlässige Reaktion nur beim Beginn des Tones beobachtet werden kann. Auf die Tonempfindungen des Tieres schlofs B. lediglich aus dem Verhalten desselben: Zucken der Ohren, Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes. Die Hörprüfung wurde nur zwei Mal wöchentlich vorgenommen; denn selbst bei Beobachtung dieser Vorsichtsmafsregel gewöhnten sich die Hunde dermafsen an den Ton, dafs sie auf ihn nicht weiter reagierten, sondern nur dem Rufen Aufmerksamkeit schenkten.

Andere Hunde erschwerten die Ausführung der Beobachtungen sehr durch ihre Unaufmerksamkeit oder Unruhe. Die Rasse der Tiere blieb dabei ohne Einflufs. Selbstverständlich dürfen während der Versuche sich keine Nebenpersonen im Zimmer befinden, um nicht durch ihre Anwesenheit die Aufmerksamkeit der Hunde abzulenken.

Bisweilen wurde das Gehör mittels Schüsse aus Feuerwaffen geprüft, bei denen die Tiere plötzlich zusammenfuhren, erschraken und grofse Unruhe an den Tag legten.*)

B. Objektive Indicatoren der Schallempfindungen und der im Ohrlabyrinth sich abspielenden Prozesse.

Wir haben soeben gesehen, dafs das Verhalten eines Tieres ein äufserst schwankendes und unbeständiges Symptom der Reaktion auf Schall ist, und dafs die Verwertung desselben mit einer Menge Übelständen und Ungenauigkeiten verbunden ist. Natürlicherweise regt sich da der Wunsch, zuverlässigere Indicatoren zu finden, die dem Willen des Tieres nicht unterworfen und nach Möglichkeit von seiner psychischen Anlage unabhängig sind. Als objektive Indicatoren sind zu bezeichnen:

---

*) B. BAGINSKY (1883).

„Den Hunden wurde in der Regel nach Eröffnung der bulla ossea die eine Schnecke weit aufgebrochen, um vollständige Taubheit zu erzielen (wie FLOURENS) und so dies Ohr auszuschalten, von der anderen Seite aber blofs diese oder jene kleinere Partie durch Eröffnen oder Anbohren verletzt. Darauf wurden die Hunde lange Zeit hindurch auf ihr Hörvermögen geprüft, unter allen Vorsichtsmafsregeln (welchen?!) mittels Anschlagen der Klaviatur einer eigens zu dem Zwecke gebauten Orgel, deren Pfeifen von C_1 bis c^5 reichten und für die tiefsten und höchsten Töne offene waren. Schliefslich wurde, wenn durch 3 bis 10 Wochen keine Veränderung mehr im Hörvermögen der Hunde aufgetreten war, die Sektion gemacht und das Labyrinth in einer ununterbrochenen Serie von Schnitten, welche einander parallel in der Richtung von der Spitze zur Basis der Schnecke gelegt waren, mikroskopisch untersucht. Schon die Ausschaltung des einen Ohres bot besondere Schwierigkeiten, da der Eingriff bald so stark war, dafs er durch Meningitis zum Tode führte oder wenigstens zu beträchtlicher Kopfverdrehung, welche die Tiere für die Hörprüfungen unbrauchbar machte, bald nicht stark genug war, so dafs es nicht zu vollkommener Taubheit auf dem Ohre kam. Aber auch die kleinere Verletzung am anderen Ohre hatte öfters durch die nachfolgende Entzündung, wenn nicht gar den Tod oder die Kopfverdrehung, so doch bleibende Taubheit zur Folge. Dazu kam noch, dafs manche Hunde, an welchen die operativen Eingriffe gut gelungen waren, wegen ihrer Unaufmerksamkeit, Unruhe u. s. w. zuverlässige Ergebnisse bei den Hörprüfungen nicht gewinnen liefsen. Aus einer grofsen Zahl von Versuchen blieben daher immer nur wenige brauchbare übrig, zumal da es schliefslich auch noch erforderlich war, dafs die mikroskopische Untersuchung pathologische Veränderungen bei der einen Schnecke für die Totalität, bei der anderen Schnecke blofs für einen Teil derselben herausstellte. In letzterer Hinsicht war es sehr wertvoll, dafs mit den feineren Veränderungen der Fasern des Hörnerven immer auch gröbere Veränderungen der Zellen des ganglion spirale und der intumescentia ganglioformis Scarpae einhergingen."

1) eine Reihe von *Bewegungen reflektorischen Charakters*, 2) *anatomische Veränderungen*, 3) *Veränderungen in der allgemeinen Sensibilität und in den Funktionen anderer Sinnesorgane* und endlich 4) *Veränderungen in den chemischen und physikalischen Prozessen des Organismus.*

I. Als Symptome der Reaktion auf Schallempfindungen und auf eine anormale Funktion verschiedener Teile des Labyrinths können folgende Reflexbewegungen verwertet werden:

a) Reflektorische Kontraktionen verschiedener Muskelgruppen. Hierzu gehören:

1) Bewegungen (Zucken) der Ohrmuscheln,

2) Blinzeln der Augen,

3) Bewegung und Stellung der bulbi (Nystagmus, resp. Strabismus),

4) die Weite der Pupille (Dilatation oder Kontraktion),

5) verschiedene Bewegungsstörungen (Manège-, Schrauben-, Zeigerbewegungen und Lähmungserscheinungen) und Zwangsstellungen,

6) Kontraktionen der Muskeln im Innern des Ohres: des musc. tensor tympani und des m. stapedius.

b) Verschiedene vasomotorische Erscheinungen, nämlich:

1) die Dilatation der Blutgefäfse,

2) die Kontraktion derselben,

3) die Schwankung des endocraniellen Drucks.

c) Die mikroskopische Beobachtung der in den Gehörorganen vor sich gehenden Veränderungen:

1) die Bewegung der Hörhaare der Crustaceen,

2) die Bewegung der Otolithen.

II. Die anatomischen Veränderungen können sich folgendermafsen äufsern:

1) in Form der Degeneration verschiedener Organe oder Gewebe,

2) in Form von Entwickelungsanomalieen.

Hierbei hat man eine sehr wichtige Frage zu beantworten: Sind die eben angeführten Indicien so konstant, dafs sie als Reagentien zur Feststellung der Empfindungen und der physiologischen Prozesse im Labyrinth der Versuchstiere verwendet werden können? In der Physiologie mufs, ebenso wie in der Chemie, bevor eine gewisse Reaktion für charakteristisch erklärt wird, der gröfseren Glaubwürdigkeit halber auch auf diejenigen secundären Umstände hingewiesen werden, welche die charakteristische Reaktion verdunkeln oder ganz verhindern können. Diese Bedingung, der bisher fast gar keine Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, mufs streng erfüllt sein, besonders dann, wenn wir mit Reflexbewegungen zu thun haben, die uns die nötige Unterlage zu unseren Schlufsfolgerungen liefern sollen.

Gehen wir nun zur Besprechung der angeführten objektiven Symptome über:

I.

Reflektorische Erscheinungen.

a) Reflektorische Kontraktionen verschiedener Muskelgruppen.

Auf die Möglichkeit, anormale Muskelkontraktionen als Indicatoren verwerten zu können, wies zuerst Flourens hin (1824). Derselbe kam auf Grund der krampfhaften Deviation des Kopfes bei jedem scharfen Ton zu dem Schlufs, dafs die Durchschneidung der Bogengänge krankhaft gesteigerte Hörempfindungen zur Folge haben müsse (l'audition douloureuse). Ob sich Fl. dieses Symptoms bei allen seinen Versuchen bedient hat, geht aus seinem Werke nicht hervor. Esser wies (1827) auf eine neue Reflexbewegung, nämlich der Ohrmuscheln, hin. Er nahm wahr, dafs bei Hunden mit Hängeohren dieselben sich aufrichteten, wenn schrille hohe Töne auf einer Violine angestrichen wurden. Auf die charakteristische Bewegung der Ohrmuscheln bei Meerschweinchen lenkte zuerst Preyer die Aufmerksamkeit.[353]) Die späteren Forscher haben diesen Beobachtungen wenig zugefügt und es sich kaum angelegen sein lassen, die Bedingungen, unter welchen diese Bewegungen auftreten, zu erforschen.

1. *Das Zucken der Ohrmuscheln.*

Preyer[353]) gebührt (1881) das Verdienst einer ausführlichen Beschreibung der Bewegung der Ohrmuscheln bei Meerschweinchen unter normalen Bedingungen und auf verschiedenen Altersstufen. In Anbetracht der Wichtigkeit des Gegenstandes sollen seine Beobachtungen hier wörtlich angeführt werden.

Das Hören neugeborener Tiere.

p. 58. „Noch nicht 12 Stunden alte Meerschweinchen geben, wie ich fand, durch Bewegung der Ohrmuscheln unzweideutig zu erkennen, dafs sie alle *hohen Töne* hören von 1 000 bis 41 000 Doppelschwingungen in der Sekunde, der höchsten überhaupt bis jetzt erreichten Zahl. Denn es wurden jedesmal, wenn ich, den Tierchen selbst unsichtbar, in geräuschloser Umgebung eine meiner 40 kleinen Stimmgabeln jenes Intervalls anstrich (vom dreigestrichenen c bis zum achtgestrichenen e) unmittelbar darauf die Ohrmuscheln synchronisch bewegt, entweder niedergedrückt oder nur gefaltet, und bei starken Tönen fuhren die Tiere jedesmal zusammen. Mit einer solchen maschinenmäfsigen Sicherheit tritt diese (von mir auch an jungen Fledermäusen beobachtete, 3. Aufl. 1890, p. 72) Reflexbewegung, die Kontraktion der Ohrmuscheln, ein, dafs ich keine zweite, die Pupillenverengerung durch Licht etwa ausgenommen, bezüglich der Präzision ihr an die Seite zu stellen wüfste. Bei erwachsenen Meerschweinchen ist der Gehörreflex gleichfalls für alle jene Gabeltöne leicht zu konstatieren, aber bisweilen, zumal nach häufiger Wiederholung des Versuchs, sehr schwach. (In der ersten halben Stunde

---

[353]) W. Preyer. Die Seele des Kindes. Beobachtungen über die geistige Entwickelung des Menschen in den ersten Lebensjahren. 1. Auflage 1882. Das Hören. p. 48—61. 2. Aufl. 1884. 3. Aufl. 1890. Das Hören. p. 58—76.

nach der Geburt fehlt er gänzlich. Also sind die neugeborenen Meerschweinchen anfangs taub. 3. Aufl. 1880. p. 72.) Das Verhalten neugeborener Tiere gegen *tiefere Töne* ist nicht so leicht zu ermitteln.

Dagegen liefs sich sofort feststellen, dafs alle gesunden Meerschweinchen eine Stunde nach der Geburt, auch mehrere Tage zu früh geborene, auf die mannigfaltigsten lauten und leisen *Geräusche*, z. B. Händeklatschen, durch eine Zuckung des ganzen Körpers, manchmal sogar anfangs durch einen Sprung und Bewegungen, die wie Fluchtversuche aussahen, antworteten. Dieses Verhalten kann nur auf Erblichkeit beruhen.

Der Reflexbogen vom Hörnerven auf die Motoren ist von den Vorfahren so oft benutzt worden, wenn in Augenblicken der Gefahr ein Geräusch die Flucht ratsam machte, dafs die Vertreter der gegenwärtigen Generation, ohne noch von Gefahr zu wissen, schon beim ersten besten Geräusch zucken. Selbst beim menschlichen erst wenige Tage alten Säugling wird das Zusammenfahren nach plötzlichem Schall noch ein Rest dieser Schreckhaftigkeit sein und für erwachsene Menschen und Pferde dasselbe gelten. Der erste Lidschlag nach plötzlichen geräuschlosen Gesichtseindrücken dagegen ist anders zu erklären, wie ich oben zeigte.

Für *geringe Schallintensitäten* sind die neugeborenen Meerschweinchen besonders empfindlich. Sie erkennen durch das Gehör ihre Mutter am ersten Lebenstage, auch wenn diese nur ganz leise und abgebrochen schnurrt, dagegen nach 4—5 Tagen noch nicht durch das Gesicht, wie ich durch eine Reihe von mühsamen Versuchen ermittelte (Kosmos, Zeitschr. 1878. III. S. 23). Da ferner die Stimme des Muttertieres und die der Geschwister die geradlinige Fortbewegung zur Schallquelle, zu der Mutter oder den Geschwistern, zur Folge hat, wenn man eine Trennung der Familienmitglieder bewerkstelligt, so wird auch, am ersten Tage, die Richtung, aus welcher der Schall kommt, percipiert."

Den geschilderten PREYERschen Ohrenreflex verwendete STEPANOW bei seinen Versuchen und bestätigte, „dafs dieser Reflex sich durch Constanz auszeichnet und selbst bei oftmaliger Wiederholung eines und desselben Tones nicht verschwindet". Die Unrichtigkeit dieser Beobachtung hat Verfasser in seiner Mitteilung bewiesen, die 1887 in einer der Sitzungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Moskau vorgetragen wurde.

Vor einer so kategorischen Aufserung mufs man sich die Frage vorlegen: tritt das Ohrsymptom thatsächlich unter allen Umständen auf? Zu dieser Erwägung hat der Verfasser eine Reihe von Beobachtungen angestellt.

1. Es stellte sich heraus, dafs das Tier, je jünger es ist, desto schwächer auf Toneindrücke reagiert und dafs bei oftmaliger Wiederholung eines und desselben Tones schnell Ermüdung eintritt. Die stärkste Reaktion erfolgt bei Meerschweinchen im mittleren Lebensalter. Aber auch bei diesen spielt die Individualität nicht die letzte Rolle: es gibt Tiere, die sehr träge reagieren; bei wiederholten starken Tönen kam die Bewegung der Ohrmuscheln immer schwächer zum Ausdruck. Daher mufs man vor der Ausführung der Versuche das Alter des Tieres annähernd feststellen und sich davon überzeugen, ob das Tier nicht zufällig mit irgend einer Affektion oder Entwickelungsstörung des Gehörorgans behaftet ist.

2. Bei den abgerissenen Tönen eines Cri-Cri oder beim Aufklopfen zuckt das Tier gleichzeitig schnell mit den Ohren; diese Erscheinung tritt nicht mit derselben Stärke bei allen Meerschweinchen auf.

3. Chloroform vermindert die Stärke des Reflexes auf einige Zeit.

4. Auf der einen Seite wurde die Spitze der Schnecke in der Chloroformnarkose durchbohrt. Nach dem Erwachen war die Ohrmuschelreaktion kaum und auch nur bei sehr starken hohen Tönen merklich. Am folgenden Tage

wurde ein Schwächerwerden der Reaktion nicht nur auf der operierten, sondern auch auf der andern, gesunden Seite wahrgenommen. Hier erreichte der Ohrreflex niemals, auch nicht nach dem Zuheilen der Wunde, seine normale Präzision.

5. Es wurde nicht nur die Spitze der Schnecke durchbohrt, sondern auch die intrakapsuläre Zerstörung mit Verletzung des modiolus (S. 613) vorgenommen.

Nach der Operation reagierte das Tier auf Schall durch eine Bewegung der Ohrmuscheln überhaupt nicht. Bisweilen verging ein Tag nach dem andern, ohne dafs der Reflex, selbst bei den stärksten Tönen, wiederkehrte.

Demnach kann man aus den angeführten Versuchen folgern, dafs das reflektorische Centrum, welches die Bewegung der Ohrmuschel reguliert, auch unter dem Einflufs der Schnecke der entgegengesetzten Seite steht. Wie beschaffen dieser Einflufs ist, darüber läfst sich zur Zeit nichts sagen.

Verfasser hat bei seinen Versuchen konstatieren können, dafs die reflektorischen Bewegungen der Ohrmuschel nach Durchschneidung der Muskeln und Freilegung der Schneckenspitze an der operierten Seite bedeutend schwächer wurden. Vollkommene Reaktionslosigkeit trat erst nach der Verletzung der Schnecke auf.

Zu denselben Resultaten, wie Verf., kam auch neuerdings Corradi (1891) auf Grund folgender Versuche, bei denen er die Zerstörung der Schnecke nach der Methode Gellés vom äufseren Gehörgang aus vornahm:

A. Beiderseitige Zerstörung der Schnecke zog völlige Taubheit nach sich, auf die aus dem Ausbleiben des Preyerschen Reflexes geschlossen wurde.

B. Zerstörung der Schnecke auf der einen Seite zog eine beträchtliche Abnahme des Hörvermögens, bisweilen auch völlige Taubheit nach sich. Nach einigen Tagen hatte sich das Tier vollkommen erholt, und es konnte dann konstatiert werden, dafs das Hörvermögen noch erhalten, jedoch sehr geschwächt war. Die Ohrmuschel der operierten Seite vollführte kleinere Excursionen als die gesunde oder bewegte sich überhaupt nicht. Sie nahm dabei eine schräge Stellung ein.

Aus dem Umstande, dafs die Muschel des kranken Ohres schwächer reagiert als diejenige des gesunden, kann man schliefsen, dafs die reflektorischen Centren der Schnecken im Gehirn getrennt liegen.

C. Partielle Zerstörung der Schnecken.

D. Totale Zerstörung der einen und partielle Zerstörung der andern Schnecke. In diesen Fällen wird das Tier gewöhnlich für immer taub. Nicht selten stellt sich jedoch das Hörvermögen nach einigen Tagen wieder ein, und die Reaktion erfolgt bei einem zischenden Geräusch. In beiden Fällen wurde der Grad der Zerstörung mikroskopisch untersucht. Zu diesem Zwecke wurden die Schnecken 24 Stunden lang in Pritchardscher Flüssigkeit gehärtet, mit Pikro-Ameisensäure decalciniert, in Collodium eingebettet und mit Alauncarmin gefärbt. Bei partieller Zerstörung wurden die hohen und mittleren Töne einer Galtonschen Pfeife percipiert. In diesen Fällen wurde die Integrität des Cortischen Organs in den unteren Krümmungen und an der Stelle der Verletzung die Bildung eines zarten Narbengewebes konstatiert.

In einem Falle war das Auftreten einer Gleichgewichtsanomalie durch die Zerstörung des Steigbügels und durch Blutung in das vestibulum und die Bogengänge verursacht. Ein neben dem Tiere nach zwei Tagen

abgefeuerter Revolverschuſs rief ein bemerkenswertes Zucken des ganzen Körpers und besonders der Augenlider hervor.

Hinsichtlich des Ohrenreflexes bei andern Tieren haben wir nur fragmentarische Kenntnisse. HÖGYES beobachtete, daſs bei neugeborenen, nebeneinander gesetzten Kaninchen, bei jedem Anschlagen einer Stimmgabel die Ohrmuscheln aller Tiere zu gleicher Zeit eine heftige Bewegung von hinten nach vorn vollführten.

MOLDENHAUER gelang es, bei neugebornen Kindern je nach der Stärke des Tones eine partielle oder allgemeine Kontraktion der Rumpfmuskeln hervorzurufen.

Über das Centrum für die Bewegungen der Ohrmuscheln haben wir eine kurze Bemerkung von BAGINSKY (1890 ,[354]) welcher zeigte, daſs bei elektrischer Reizung der MUNKschen Hörsphäre, specieller des Schläfenlappens in der Nähe des unteren Endes, eine Bewegung des Lides und der Ohrmuschel der *entgegengesetzten* Seite stattfindet. Diese Beobachtung konnte auch STEINER (1891)[355]) bestätigen.

Daſs durch plötzliche Reizung des Hörnerven eine starke Kontraktion der Rumpfmuskeln verursacht werden kann, ist ein schon längst bekanntes Faktum, das durch die tägliche Erfahrung bestätigt wird. Der Ausfall dieser Erscheinung kann nur in gewissen Fällen als Indicium zur Feststellung völliger Taubheit verwandt werden.

2. *Das Blinzeln der Augenlider.*

Diese Reflexbewegung wird nur bei starken Tönen wahrgenommen und zeichnet sich durch keine besondere Empfindlichkeit und Constanz aus. Bei Meerschweinchen tritt sie bisweilen ziemlich kräftig auf.

3. *Die Oscillationsbewegungen und die Stellung der Augen (Nystagmus resp. Strabismus).*

Durch den Schall an und für sich ist es bisher noch nicht gelungen, Nystagmus und Schielen hervorzurufen, welche regelmäſsig nach Verletzung der Bogengänge, gewisser Teile des Gehirns und anscheinend auch der sacculi auftreten, wie aus den zahlreichen früher geschilderten Versuchen geschlossen werden darf. Die Bewegungsstörungen sind an einem ruhig gewordenen Tier, bei dem die erwähnten Partieen beschädigt worden sind, leicht durch Stoſs, Rütteln, Schlag gegen den Tisch oder überhaupt durch irgend einen Reiz hervorzurufen. BORNHARDT beobachtete an Kaninchen nach Durchschneidung des linken frontalen Bogenganges bei einer Reizung des äuſseren Gehörgangs an der Übergangsstelle des knorpeligen Teils in den knöchernen verstärkte rotatorische Augenbewegungen und schwaches Überwerfen des Kopfes nach hinten und nach rechts: bisweilen wurde Kopfnicken wahrgenommen.

Wie sich die Tiere nach Verletzung der erwähnten Partieen einem Schallreiz gegenüber verhalten, ist eine noch gänzlich unbearbeitete Frage. FLOURENS bemerkte, daſs bei Tönen eine leichte Bewegung des Kopfes stattfindet. (Verfassers Erklärung dieses Versuchs S. 333).

Verfasser kann aus seinen Beobachtungen Folgendes hinzufügen. Wenn

[354]) B. BAGINSKY. Hörsphäre und Ohrbewegungen. Neurologisches Centralblatt. 1890. 1. Aug. p. 458. Vorläufige Mitteilung.

[355]) J. STEINER. Sinnessphären und Bewegungen. PFLÜGERs Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 50. p. 612. Am 11. Dez. 1891.

man den horizontalen Bogengang (am besten an einem jungen Meerschweinchen) durchschnitten hat und dann pfeift, so tritt eine schnelle Kopfwendung nach der entgegengesetzten Seite ein. Bei einiger Stärke des Tones schlägt das Tier um und vollführt stürmische Manègebewegungen. Dieser Versuch kann einigemal hintereinander ausgeführt werden, wenn auch die Reaktion bald schwächer wird und schliefslich ganz verschwindet. Aufser diesen Bewegungen zieht der Schall unter gewissen Bedingungen, die Verfasser noch nicht genauer hat feststellen können, vorübergehenden Nystagmus der Augen nach sich.

4. *Die Weite der Pupillen.*

Hinsichtlich der Weite der Pupille haben wir bis jetzt nur eine Beobachtung Cyons (1876), welcher bemerkte, dafs „die Pupille sich auf der Seite des Reizes contrahiert und auf der anderen Seite dilatiert".

Dem kann Verfasser nicht beipflichten, da beim Durchstechen des horizontalen Bogenganges eines Meerschweinschens beide Pupillen ad Maximum sich erweiterten und auf Licht nicht reagierten. Aufserdem nahm er eine starke Erweiterung des Augenspaltes und einen schwachen Exophthalmos wahr.

5. *Verschiedene Bewegungsstörungen.*

Die anormalen Bewegungen sind schon oben erörtert worden.

Bei jedem starken Schall werden sie stärker. Ob dieses durch den Schall selbst oder durch endolymphatische Strömungen bedingt wird, ist eine bis jetzt noch unentschiedene Frage.

6. *Die Kontraktion der Muskeln des Mittelohrs, des musc. tensor tympani und des musc. stapedius als Symptome von Schallempfindungen der Tiere.*

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dafs manche Personen in ihrem Ohr ein knisterndes Geräusch erzeugen können. Diese Erscheinung erklärte man durch Kontraktion des musc. tens. tymp.. Experimentell überzeugte sich zum erstenmal Hensen von der Fähigkeit dieses Muskels, sich auch bei Tönen zu kontrahieren. Sein Schüler Bockendahl, Pollak und v. Stein bestätigten seine Beobachtungen.

Beobachtungen **Hensens** (1878).[356])

In die Paukenhöhle dringt man nach der Methode Heidenhains ein, wobei man alle Blutgefäfse sorgfältig unterbindet (S. 601).

Es wurden Hunde leicht curarisiert (4—5 mg). Um die Kontraktion des Musc. tens. tymp. beobachten zu können, wurde in dessen Sehne eine Nadel eingestochen. Jeder Ton, jede Silbe, jedes Geräusch setzte dieselbe in Bewegung. Bei einem anhaltenden Ton blieb die Nadel anfangs in Ruhe, der Muskel erschlaffte anscheinend allmählich, soweit dies aus der

[356]) V. Hensen. Beobachtungen über die Thätigkeit des Trommelfellspanners bei Hund und Katze. Du Bois-Reymonds Archiv f. Anatomie und Physiologie, p. 312—319. Den 30. Juli 1878. — Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. III, Teil 2, p. 64. Physiologie des Gehörs.

Stellung der Nadel geschlossen werden konnte. Wurde eine Melodie gepfiffen, so gingen die Kontraktionen des Muskels taktmäfsig vor sich. Auf jedes Geflüster, Klopfen oder Schnalzen mit den Fingern nahe oder entfernt trat die Reaktion ein. Diese Kontraktionen schienen bei lauten Geräuschen energischer zu werden, als bei leisen. Selbst nach Verletzung des unteren Teiles des Trommelfells, sowie bei 5 Schlägen einer elektrischen Klingel in der Sekunde reagierte der Muskel weiter. Einstechen einer Nadel in die Schnecke und Reizung des Gehörgangs gaben ein negatives Resultat. Bei den Schwingungen eines Metronoms bis zu 108 Schlägen in der Minute kontrahierte sich der Muskel energisch nur im Takt. Dagegen wurde er durch Töne hölzerner Pfeifen nur schwach erregt. Eine Trompete mit einem Ton von 6000 Schwingungen in der Sekunde rief selbst aus einem andern Zimmer kräftige Kontraktionen hervor, während eine solche von weniger als 200 Schwingungen in der Sekunde keine Wirkung ausübte. An einer halberwachsenen Katze ergab sich dasselbe Resultat. Am gröfsten ist die Empfindlichkeit gegen Orgelpfeifen von mehr als 2000 Schwingungen: vollkommene Unempfindlichkeit ist gegen solche von 100 Schwingungen vorhanden. Auf Töne von weniger als 200 Schwingungen trat Reaktion ein, wenn dieselben dicht am Ohr erzeugt wurden.

Der Muskel kontrahierte sich auch dann, wenn er vom Hammer losgetrennt war. Daraus mufs geschlossen werden, dafs die Muskelkontraktionen nicht durch Erschütterungen des Trommelfells, die sich der Sehne mitteilten, verursacht wurden. Tetanus bei diesem Muskel hervorzurufen, gelang HENSEN nicht.

Die Reaktionsdauer des tensor beträgt im Mittel ungefähr 0,092 bis 0,075 Sekunden; unter normalen Bedingungen müssen diese Zahlen noch kleiner sein.

Beobachtungen **Bockendahls** (1880).[357])

B. bestätigte im allgemeinen die Resultate HENSENS und vervollständigte die experimentelle Methodik. B. bemerkte, dafs nach längerer Einwirkung des Tones die Nadel in ihrer gewöhnliche Stellung nicht zurückkehrt; es befindet sich demnach der tensor im Zustande einer tetanischen Kontraktion. Aufserdem kontrahiert sich der Muskel bei hohen Tönen stärker und energischer, als bei tiefen. Zur Erzielung einer präzisen Reaktion ist aufser der Höhe des Tones und Geräusches noch eine gewisse Stärke desselben erforderlich. Bei einigen Tieren verursachten schon sehr leise Geräusche Kontraktionen. Solche Ergebnisse lassen sich durch die Individualität der Tiere erklären, da die Narkose, wie der Versuch darthat, keinen besonders starken Einflufs ausübte. Ebenso war es unmöglich, einen besonderen Unterschied zwischen curarisierten Tieren und solchen wahrzunehmen, denen subkutan Morphium injiziert worden war.

Zur genaueren Bestimmung der sehr kleinen Schwingungen des Tensor

---

[357]) BOCKENDAHL. Über die Bewegung des m. tensor tympani nach Beobachtungen beim Hunde. Kieler Dissertation, p. 16. 1880.

BOCKENDAHL. Über die Bewegungen des m. tensor tympani nach Beobachtungen am Hunde. Taf. II. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XVI, p. 241—259. Den 10. Dezember 1880.

Hinsichtlich einiger Bemerkungen über die Kontraktionen des tensor und über die Arbeiten von HENSEN und BOCKENDAHL, s. STUMPF. I. Bd., p. 168.

probierte B. viele Methoden durch, die in seiner Arbeit vom Jahre 1880 beschrieben sind, und blieb schliefslich bei der folgenden stehen. Er entfernte die Ohrmuschel und brach einen Teil des knöchernen Gehörgangs weg, wodurch das Trommelfell freigelegt war. Darauf stach er unterhalb der Spitze des Hammergriffs eine Nadel hinein. Die Schwingungen der Nadel wurden mit dem System Hartnack Nr. 2 verfolgt. Mit Hilfe eines Mikrometers stellte man die Amplituden der Nadelschwingungen fest. Die Beobachtungen wurden unter künstlicher Atmung angestellt. Aufserordentlich nachteilig für die Ausführung des Versuches sind die willkürlichen Rumpf- und Kopfbewegungen. Durch Curare lassen sie sich beim Hunde zum Teil abschwächen.

Die nach dieser Methode erhaltenen Ziffern haben nach BOCKENDAHL nur relative Bedeutung. Die Schwäche der Kontraktion des tensors hat wahrscheinlich in den Manipulationen während des Bohrens, das vielleicht auf das Nervensystem des acustischen Apparats abschwächend wirkt, sowie in der anatomischen Lage des Muskels im knöchernen Kanal ihre Ursache.

Beobachtungen **Pollaks** (1886).[377])

POLLAK erweiterte die vorstehenden Beobachtungen und stellte die Abhängigkeit der Kontraktionen des tensor von den Schallempfindungen fest.

1. Versuch. Die Bewegungen der Nadel sind energisch. Beim Pfeifen und Sprechen vollführt sie gröfsere Exkursionen. Wird der Ton während des Pfeifens erhöht, so werden die Bewegungen der Nadel stärker. Werden die Vokale a, e, i, o ausgesprochen, so macht die Nadel bei a die stärksten Ausschläge; beim Aussprechen des u bleiben die Bewegungen aus. Dringt der Schall in den äufseren Gehörgang ein, so werden die Exkursionen der Nadel noch augenfälliger. Wird das operirte Ohr verstopft und der Schall in den Gehörgang des gesunden Organs eingeleitet, so nimmt die Stärke der Kontraktionen keineswegs ab.

2. Versuch. Das Trommelfell wird vom Hammer losgelöst. Der Muskel kontrahiert sich schnell und kräftig. Nach Durchtrennung des Ambofs-Steigbügelgelenks oscilliert die Nadel schwach.

3. Versuch. In den Gehörgang des normalen Ohres wird das Ende eines 3 m langen Schlauchs eingeführt, dessen freies Ende einen Trichter trägt. Das operierte Ohr wird mit Watte verstopft. Töne, die in einer Entfernung von 3 m erzeugt werden, rufen keine Reaktion hervor. Wird jedoch vor dem Trichter gesprochen, gesungen oder gepfiffen, so kontrahiert sich der Muskel energisch.

Der Tensor wird an seiner Insertionsstelle losgetrennt. Eine in seine Sehne eingestochene Nadel macht in diesem Falle weit gröfsere Exkursionen, als wenn der Muskel mit dem Hammer zusammenhängt.

4. Versuch. Eine drei Monat alte, völlig taube Dogge. Sie bellte niemals. Das Trommelfell und die Paukenhöhle waren normal. Eine in die Sehne eingesenkte Nadel blieb bei Schallvorgängen in Ruhe.

5. Versuch. Der tensor kontrahiert sich. Künstliche Atmung und Zerquetschung der medulla oblongata. Fortan reagiert der Muskel weder auf starke noch auf hohe Töne.

6. Versuch. Die bulla wird freigelegt. Der knorpelige Gehörgang und zum Teil auch der knöcherne werden weggeschnitten. Eine Nadel wird in

den processus brevis mallei hineingestochen. Darauf Eröffnung der bulla und Einsenkung einer andern Nadel in den Muskel. Beide Nadeln schlagen bei Tönen gleich stark aus, die im processus brev. mall. manchmal schwächer. Der tensor wird vom Hammer losgetrennt. Nun oscilliert die Nadel im proc. brev. beim Pfeifen hoher Töne ganz schwach. Nach Durchtrennung des Ambofs-Steigbügelgelenks verschwinden auch diese schwachen Oesillationen.

Mittels eines Trepans wird die Schnecke zerstört und das nicht operierte Ohr mit Watte verstopft. Bei allen möglichen Tönen bleibt die Nadel in Ruhe. Entfernt man die Watte aus dem Ohr, so macht die Nadel Excursionen, deren Weite von der Höhe und Stärke des Tones bedingt ist. Dieselbe ist zwei bis dreimal kleiner, wenn der Muskel losgelöst und die Schnecke zerstört ist. Wurden die Töne durch einen Schlauch mit Trichter in den Gehörgang eingeleitet, so ergaben sich dieselben Resultate.

7. Versuch. Eine Nadel wird eingesenkt und die Schädelhöhle eröffnet. Elektrische Reizung der Schläfenwindung rief keine Kontraktion des tensor hervor.

8. Versuch. Einführung von Nadeln wie im Versuch 6. Zerstörung der Schnecke auf der operierten Seite. Der tensor kontrahiert sich. Dann wird die Schnecke auf der anderen Seite zerstört. Eine Reaktion auf Töne tritt nun nicht mehr ein.*)

Um Luftbewegungen auszuschliefsen, führte man in den Gehörgang des normalen, nicht operierten Ohres das eine Ende eines Schlauches ein. Am

---

*) l. c. p. 566. „Wir nehmen also an, dafs die Paukenhöhle des Tieres von unten her geöffnet ist, dafs aber das Tier so gelagert wird, um bequem in die Höhle blicken und eine Nadel in den Muskel einsenken zu können. Die Nadel ist 10 cm lang und ragt mit der Spitze frei aus der Öffnung hervor. Selbstverständlich wird dabei vorausgesetzt, dafs die Nadel sonst irgends anliegt, da ja jede Berührung mit irgend einem anderen Hart- oder Weichgebilde der Paukenhöhle die Bewegung der Nadel hemmen würde. Nunmehr setzt sich ein Beobachter zu dem Tiere hin und fixiert die Spitze der Nadel mit dem freien Auge oder mit Hilfe einer Lupe. Nun werden in einer Distanz von 1—2 m vom Tiere Tonreihen erzeugt. Wir haben in der Regel den aufgelösten Durdreiklang nebst der Oktave anschlagen lassen, also z. B. c, e, g, c'. Zur Tongebung bedienten wir uns des Gesanges, des Lippenpfeifens, der Stimmgabel, des Streichinstrumentes und auch des sogenannten Pizzicatos der Geige. Lippenpfeifen hat sich indessen als das bequemste Mittel erwiesen. Auf ein einigermafsen lautes Pfeifen reagiert die Nadelspitze ganz zuverlässig. Dabei ist es unverkennbar, dafs der Ausschlag der Nadel für den tiefsten Ton der aufsteigenden Reihe, also sagen wir für c, am geringsten ist. Der Ausschlag für die grofse Terz (e in unserem Falle) ist wesentlich gröfser, und noch auffälliger ist die Zunahme des Ausschlages für die Quinte (g). Es kam vor allem darauf an, die Thatsache zu konstatieren, dafs der Muskel überhaupt regelmäfsig reagiert und für verschiedene Töne mit verschieden grofsen Ausschlägen reagiert."

Damit die Reaktion eintritt, sind Töne von einer gewissen Stärke und Klangfarbe erforderlich. Das Pizzicato ergab bestimmtere Resultate, als Töne, die mit dem Bogen auf der Violine angestrichen wurden.

l. c. p. 569. „Die Reaktion des Muskels erfolgt aber nicht nur auf musikalische Töne, sondern wir konnten eine solche auch durch die Reihe der Vokale: a, e, i, o, u auslösen. Dabei ergab es sich merkwürdigerweise, dafs die Zuckung des Muskels bei a am stärksten war, von da allmählich abnahm und bei u von uns, resp. mit unsern Hilfsmitteln, nicht mehr wahrnehmbar erschien. Mit dieser letzten Bemerkung mag beiläufig auf die Frage Antwort gegeben werden, ob die Hunde imstande sind, die menschliche Sprache aufzufassen."

freien Ende desselben befand sich ein Trichter, durch welchen die Töne dem Ohr zugeführt wurden. Dafs die Bewegungen der Nadel in der That durch den Schall hervorgerufen werden, ersieht man aus folgendem Umstande: „Es ist nämlich festgestellt worden, dafs jede Erschütterung der Nadel unter den früher angegebenen Umständen ausbleibt, wenn man beiderseits die Schnecke zerstört. Damit ist implicite dargethan, dafs die Zuckungen des tensor unter Mitwirkung des Hörnerven zustande kommen.“ Ferner fand sich ein taubstummer Hund, der nie bellte und bei dem trotz vollkommen normaler Beschaffenheit der Paukenhöhle und des musc. tens. tymp. eine in den Muskel eingesenkte Nadel bei allen möglichen Tönen in Ruhe blieb. Demnach reagiert der tensor nur dann, wenn der Hörapparat intakt ist.

Als die genaueste Methode, mittels welcher die Bewegung des Trommelfells und folglich auch die Kontraktionen des musc. tensor. tymp. verfolgt werden können, mufs die *stroboskopische* Methode von Mach und Kessel angesehen werden.[358]) Bei diesen Versuchen wurde die Oberfläche des Trommelfells mit Bronzepulver bestreut und in den äufseren Gehörgang ein besonderer Trichter eingeführt, der behufs Beleuchtung und Erzeugung eines Bildes mit Bikonvexlinsen versehen war. Die Einzelheiten hierüber und eine Abbildung des Apparats finden sich bei Hensen (Hermanns Handbuch der Physiologie Bd. III p. 49, 1880) vor.

b) Vasomotorische Erscheinungen.

1. *Dilatation und* 2. *Kontraktion der Gefäfse.*

Eine specielle und systematische Untersuchung über die Wirkung einer Reizung der Sinnesorgane auf das Gefäfssystem, insbesondere des Menschen, nahm (1885) S. Istamanow[359]) vor. Der Einflufs der Musik, und speciell einzelner Töne, auf den Organismus war schon im grauen Altertum bekannt. Ausführlichere Mitteilungen über diese Frage finden sich bei Roger (1803), Linck (1837) und Dogiel. Früher beschränkte man sich darauf, die Thatsache dieser Wirkung zu konstatieren, ohne dafs man sie vom physiologischen oder psychologischen Gesichtspunkt

---

[358]) Kessel. Über den Einflufs der Binnenmuskeln der Paukenhöhle. Arch. f. Ohrenh. IX, p. 80. 1874.

Mach und Kessel. Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelohrs. Sitzgsber. d. Wiener Akademie. III. Wien, 1864.

Mach und Kessel. Versuche über Akkommodation des Ohrs. Sitzgsber. d. Wien. Akademie 1872 und Archiv f. Ohrenh. Bd. IX, p. 121.

Weitere Versuche nach dieser Richtung hin wurden noch von Folgenden angestellt:

Schrapringer. Über die Kontraktion des Trommelfellspanners. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, p. 571. 1870.

Fr. Bezold. Experimentelle Untersuchungen über den Schallleitungsapparat des menschlichen Ohres. Archiv f. Ohrenheilk. Bd. XVI, p. 1—51, 1880 am 22. Apr.

[359]) Sergei Istamanow. Über die Wirkung einer Reizung der sensiblen Nerven auf das Gefäfssystem des Menschen. Dissert. Petersburg, 1885, p. 1—167 (russisch).

zu erklären gesucht hätte. Erst in neuester Zeit begann man diese Frage näher zu ergründen.

Zur Feststellung der Veränderungen im Gefäfssystem fanden bekanntlich folgende Apparate Verwendung: der Plethysmograph von Mosso, die thermoelektrischen Ströme, die Sphygmographen, das Sphygmanometer von Basch, die Mareyschen Trommeln und die Quecksilbermanometer.

Beobachtungen **Dogiels.** [360])

Um die Empfindlichkeit der Tiere gegen Töne zu erhöhen, brachte ihnen Dogiel Strychnin bei. Zur Verhütung willkürlicher Bewegungen wurde Curare und in sehr seltenen Fällen Morphium injiziert.

D. kam zu nachstehenden Ergebnissen: Bei der Einwirkung verschiedener Töne war der Puls um 6—50 Schläge in der Minute beschleunigt. Der Blutdruck nahm bei Kaninchen zu. Beim Menschen trat in den meisten Fällen eine Abnahme des Extremitätenumfanges ein. Die Töne der Stimmgabeln e^3 und g^3 wirkten schwächer als e^4 und g^4. Je stärker ferner der Ton war, desto kräftiger erschien die Wirkung.

Beobachtungen von **Kronacker** und **Christiani.** [361])

Diese Autoren stellten mit einem thermoelektrischen Apparat fest, dafs bei jedem Schufs aus einer Feuerwaffe eine Temperaturerniedrigung der Haut stattfindet.

Beobachtungen **Istamanows.**

Die vollständigsten und eingehendsten Beobachtungen über die vasomotorischen Erscheinungen bei Schallvorgängen verdanken wir Istamanow. Derselbe wandte bei seinen Versuchen verschiedene Schallquellen an.

„Bei allen Versuchen (vorzugsweise am Menschen) war das Resultat ein und dasselbe, wenn nur der Schall auf einmal während absoluter Stille hervorgerufen wurde. Die Wirkung desselben äufserte sich in einer Abnahme des Extremitätenumfangs, einer Herabsetzung der Hauttemperatur, einer Zunahme des Blutdrucks und einer Beschleunigung des Pulses.

„Ein Unterschied in der Einwirkung musikalischer Töne von verschiedener Höhe und der Geräusche war nicht zu erkennen, wie aus den beigefügten Tafeln hervorgeht.

---

[360]) J. M. Dogiel. Der Einflufs der Musik auf den Menschen und die Tiere. Öffentliche Vorlesung. Mit 4 Figurentafeln. Kasan, 1888 p. 1—46 (russ.).

Über den Einflufs der Musik auf den Blutkreislauf. Archiv für Physiologie von Du Bois-Reymond, 1880, p. 416.

Einige Fälle von Einwirkung der Musik sind bei W. Manassein angegeben: Materialien zu der Frage über die ätiologische und therapeutische Bedeutung einer psychologischen Einwirkung. 1876 (russ.). Daselbst sind die Fälle von Fournier citiert.

[361]) Kronacker und Christiani. Verhandlungen der Berl. physiol. Gesellschaft 1878—1879.

„Thermoelektrische Untersuchungen ergaben, dafs unter dem Einfluſs von Schallempfindungen eine Herabsetzung der Hauttemperatur stattfindet, bisweilen folgt darauf eine Temperaturerhöhung.

„Plethysmographische Untersuchungen ergaben, dafs das Volumen der Extremitäten sich unter dem Einfluſs der verschiedenen Töne und Geräusche vermindert; in vielen Fällen folgte dieser Abnahme eine Zunahme des Volumens."

Beobachtungen über den Puls: „Der Puls war unter dem Einfluſs einer Reizung durch verschiedene Töne und Geräusche meistenteils beschleunigt."

Versuche mit dem Apparat von Basch: „Der Blutdruck steigt gewöhnlich unter dem Einfluſs von Schallreizen."

„Aus den vorliegenden Versuchen geht somit hervor, dafs die Reizung durch verschiedene Töne oder Geräusche mit einer Abnahme der Hauttemperatur, einer Abnahme des Extremitätenumfanges, einer Beschleunigung des Pulses und einer Steigerung des Blutdrucks verbunden ist.

„Ferner lassen sich unter den angegebenen Versuchen Fälle angeben, wo schon bloſse Vorbereitungen zum Schieſsen ganz genau denselben Effekt hatten, als der Schuſs selbst. Diese und ähnliche Thatsachen, welche ich an anderen Stellen citiert habe, geben meiner Meinung nach einen Beiweis dafür ab, dafs alle diese im Bereich des Gefäſssystems auftretenden Erscheinungen nicht als ein einfacher, durch das Gefäſscentrum ausgelöster Reflex anzusehen sind, sondern dafs im Gegenteil hierbei Vorstellungen in der Hemisphärenrinde, mitspielen. Ganz ausdrücklich möchte ich aber betonen, dafs es nicht etwa das Gefühl von Schreck ist, welches auf die Versuchsperson bei plötzlichem Ertönen dieses oder jenes Tones hat einwirken können, da sie darauf vorbreitet war: auch befanden sich die zur Anwendung gelangenden tonerzeugenden Instrumente vor ihren Augen."

An dieser Stelle möge auch folgende Beobachtung Istamanows angeführt sein, da sie den Einfluſs der Reizung anderer Sinnesorgane auf das Resultat bei Versuchen eines bestimmten Organs deutlich illustriert. „Die Reize, welche die peripheren Nervenendigungen treffen, lassen sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Gefäſssystem in zwei Kategorien teilen: die einen verursachen eine *Verengerung der peripheren Gefäſse*, folglich eine Volumabnahme der Extremitäten unter gleichzeitiger *Erweiterung der Gehirngefässe* und Zunahme des Gehirnumfanges; es sind dies die schwachen Hautreize, wie Kitzeln, Anhauchen, Kältereiz, ferner Reizungen der Sinnesorgane: des Geruchs durch unangenehm riechende Substanzen, des Geschmacks — durch bitter und sauer schmeckende Stoffe, sowie auch des Gehör- und des Sehorgans. Umgekehrt verursachen Schmerzempfindungen, Wärme, angenehm riechende und süfs schmeckende Substanzen eine *Erweiterung der peripheren Gefäſse*, d. h. eine Zunahme des Extremitätenumfanges nebst einer *Verengerung der Gehirngefäſse* und einer Abnahme des Gehirnumfanges. Weshalb Schmerzempfindungen dieselben Erscheinungen hervorrufen, wie die angenehmen Empfindungen, und umgekehrt, weshalb Reizungen des Gehörs- und des Gesichtssinns überhaupt mit solchen, die unangenehme Empfindungen hervorrufen, in ein und dieselbe Kategorie gehören — darauf eine positive Antwort zu geben, ist selbstverständlich nicht möglich."

Die oben angeführten Methoden wandte Verf. an, um möglicherweise die Veränderungen festzustellen, welche im Labyrinth nach Verletzung desselben eintreten. Da bei der Operation infolge der Schmerzempfindungen eine Erweiterung der peripheren Gefäſse stattfindet, so machte sich zuerst diese Veränderung und dann erst die Wirkung der Durchschneidung ge-

wisser Bogengänge oder eines Tones bemerklich. Chloroformnarkose mufste bisweilen unterbleiben, damit eine neue Fehlerquelle vermieden würde.

Hinsichtlich der thermoelektrischen Messungen hielt sich Verf. an die Vorschrift S. Strickers.[362]) welcher der Ansicht ist, dafs für den Tierkörper nur Abweichungen von 0,1° C. in Rechnung zu ziehen sind. Einer Temperaturdifferenz von 0,001°—0,01° legt er keine Bedeutung bei. Bei seinen einleitenden Versuchen benutzte von Stein den thermoelektrischen Apparat von Dr. Rédard, bei welchem je 20 Teilstriche einer Zu- oder Abnahme der Temperatur von 1° C. entsprechen.

3. *Die endocraniellen Druckschwankungen.*

Die Beobachtungen über Einwirkung des Schalles auf die endocraniellen Druckverhältnisse sind noch wenig zahlreich und wenig präzis. Istamanow beobachtete bei allen seinen Versuchen an Hunden eine Zunahme des Gehirnumfangs infolge Erweiterung der Gehirngefäfse und gleichzeitige Verengerung der peripheren Gefäfse, also eine Volumsabnahme der Extremitäten bei Schalleinwirkung.

Die Druckkurve wurde mittelst eines Mareyschen Polygraphen aufgenommen, der durch einen Schlauch und Trichter mit dem pericerebralen Raum verbunden war; den Trichter schraubte man in die Trepanationsöffnung eines leicht curarisierten Hundes hinein. Zur Vermeidung starker Blutungen darf die Trepanation weder allzunahe der vorderen noch der hinteren Grenze des Scheitelbeines (*1* und *3*) vorgenommen werden.

Fig. 180.

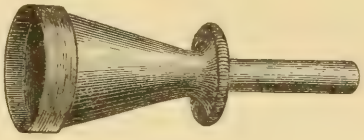
Nach einem Präparat des physiol. Laboratoriums zu Moskau.

An diesen Stellen ist nämlich, wie man aus der vorstehenden Abbildung leicht ersehen kann, die Diploë stark entwickelt. Aufserdem kann man, wenn man diese Vorsichtsmafsregel nicht befolgt, auch noch leicht eine Muskelblutung verursachen. Das Verfahren, nach welchem Verf. operierte, ist folgendes: Hautschnitt längs der Sagittalnaht; der Hautlappen wird nach unten zu abpräpariert; Periost und Muskeln schiebt man mit Hilfe eines Rasparatoriums weg. Um die Muskeln legt man eine Ligatur en masse und schneidet die ersteren ab. Erst wenn die

[362]) S. Stricker. Vorlesungen über allgemeine und experimentelle Pathologie. III. Lief. p. 738—744. 1883. Wien.

Blutung definitiv aufgehört hat, schreitet man zur Trepanation. In die so entstandene Trepanationsöffnung wird ein ihrer Gröfse und den Dimensionen des Tieres entsprechender Messingtrichter, dessen Rand (siehe Abbildung) mit einem feinen Schraubengewinde versehen ist, eingeschraubt.

Fig. 181.



Trichter, wie er im physiol. Laboratorium der Universität Moskau angewandt wird. Natürliche Gröfse.

Eine Hauptbedingung, die erfüllt werden mufs, wenn der Versuch gelingen soll, ist, dafs die Mündung des Trichters sich nicht mit Blut füllt. Eine Kritik der verschiedenen Modifikationen dieser Untersuchungsmethode findet sich in der Dissertation von NAGEL (1889).[363])

Nach dieser Methode erhält man keine vollkommen richtigen Kurven, da alle Teile des Apparats wegen ihrer Elastizität sich nicht beständig in ein und derselben Spannung befinden. In noch höherem Grade tritt dieser Fehler bei direkter Verbindung des MAREYschen Polygraphen mit dem Blutgefäfs zu Tage. Aus diesen Gründen beabsichtigt Verf., bei seinen ferneren Versuchen über den Blutdruck sich eines Quecksilbermanometers zu bedienen.

Beobachtungen **Istamanows.**

Die Kurve wurde mit dem MAREYschen Polygraphen gezeichnet. Der tiefste Punkt derselben variierte bei Hunden, wie folgt:

Abstand der Curve von der Nulllinie unter normalen Bedingungen:		Nach Reizung des Gehörs durch:	
1. Vers. Mit Curare	— 1 cm 3 mm	Schufs	— 1 cm 8 mm
		„ aus einer kleinen	
2. „ Ohne „	— 2 „ 6 „	Pistole	— 3 „ 2 „
3. „ Mit „	— 1 „ 7 „	Bafstrompete	— 2 „ 4 „
		Schufs aus einer kleinen	
4. „ „ „	— 1 „ 9 „	Pistole	— 2 „ 3 „
5. „ „ „	— 2 „ 4 „	Schufs	— 2 „ 9 „

Versuch Nr. 3. Eine 18 700 g schwere Hündin. Es wird ihr Curare beigebracht, die Atmung künstlich unterhalten.

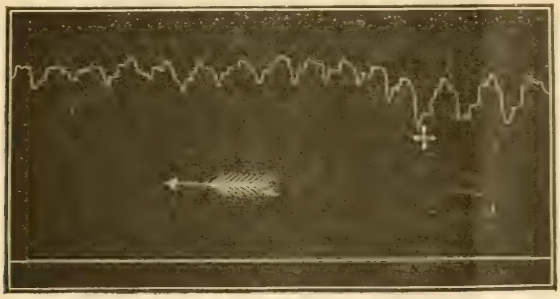
Der tiefste Punkt der Pulskurve war normaler Weise 1 cm 7 mm von der Nulllinie entfernt. Das Gehörorgan wurde mittels einer (Bafs-) Trompete gereizt, wobei eine Zunahme des Gehirnumfanges stattfand (Fig. 182) und der tiefste Punkt der Pulskurve von der Nulllinie um 2 cm 4 mm abstand.

---

[363]) K. NAGEL. Über die Schwankungen der Blutquantität im Gehirn. Moskau, 1889, p. 1—159. Mit 4 Kurventafeln. (Russisch.)

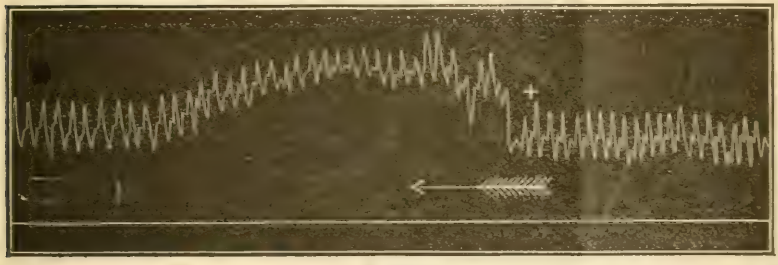
(Beurteilung des Gehörs aus der Zunahme des Gehirnumfanges nach Reizung desselben mittels einer Bafstrompete. Nach ISTAMANOW.)

Fig. 182.



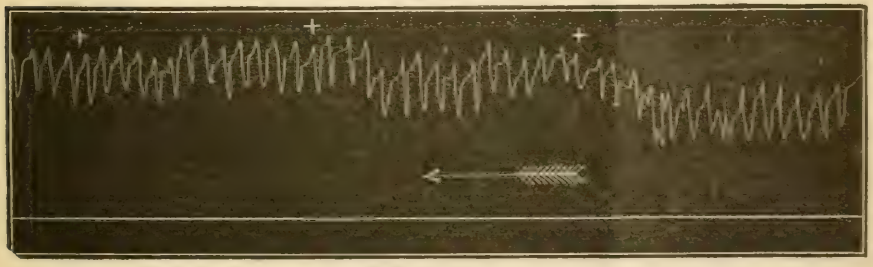
Schall

Fig. 183.



Schufs

Fig. 184.



Schall

Reizung des Gehörorgans rief eine Vergrößerung des Gehirnumfanges hervor.

Fig. 183 und 184 stellen die Schwankungen des Gehirnvolumens unter der Einwirkung eines Pistolenschusses resp. des Tones einer Bafstrompete dar.

Die beiden letzten Kurven sind mit dem MAREYschen Polygraphen an einem elfjährigen Knaben gezeichnet, der einen Defekt am Stirnbein hatte.

Die Kurven, welche auf endocranielle Druckschwankungen hinweisen, sind beim Menschen als objektive Indicien nicht verwertbar, weil bei diesem sehr viele psychische Momente im Augenblick der Reizung mitwirken. Solche Kurven sind von DOGIEL und NAGEL angegeben.

c) Mikroskopische Untersuchungen der im Gehörorgan stattfindenden Vorgänge.

1. Bewegung der Hörhaare

der Crustaceen bei Schallvorgängen wurde zuerst von Hensen mikroskopisch konstatiert und ist S. 115 angegeben.

2. Bewegung der Otolithen (bei Schallvorgängen).

Diese Erscheinung ist bis jetzt nur von Ranke (S. 119) beobachtet und trotz ihres grofsen wissenschaftlichen Interesses von niemand bis jetzt weiter verfolgt.

II.

Anatomische Veränderungen.

Der sicherste Weg zur Feststellung der Funktion des Labyrinths ist entschieden der anatomisch-pathologische. Auf ihm wird es gelingen, klinische Symptome mit gewissen pathologischen Veränderungen in der Struktur des Gehörorganes zu kombinieren. Leider lassen jedoch die Methoden der Untersuchung dieses komplizierten Organs *in toto* (und diese ist eine unerläfsliche Bedingung) noch viel zu wünschen übrig. Mittels der bis jetzt vorhandenen lassen sich nur verhältnismäfsig grobe Veränderungen konstatieren. Nichtsdestoweniger ist es bereits gelungen, einige wertvolle Daten zu gewinnen.

Grobe anatomische Veränderungen treten selbstverständlich nach jeder Verletzung des Labyrinths ein. Doch damit kann sich der Physiologe nicht begnügen: er braucht eine möglichst isolierte und lokalisierte Verletzung, Veränderungen in bestimmten Teilen, während das übrige Labyrinth intakt ist. Eins der Mittel, durch die wir Veränderungen in den Elementen des inneren Ohres hervorrufen können, ist der Schall. Die tägliche Beobachtung hat schon längst gezeigt, dafs Personen, die infolge ihres Berufs einem anhaltenden Lärm ausgesetzt sind, taub werden oder bei der Einwirkung starker und scharfer Töne an subjektiven Empfindungen zu leiden beginnen. Beispiele solcher Erkrankungen sind bereits S. 126 angegeben.*) Ausführlich mikroskopisch sind Fälle von Habermann, Steinbrügge und Moos (1890, S. 136) untersucht.

*) Die angegebenen Daten ergänze ich noch durch die folgenden:

Brunner. Subjektive Ohrgeräusche. Zeitschr. f. Ohrenh. 1879, 15. Aug., p. 185.

Brunner. Monatsschr. f. Ohrenh. 1873 Nr. 4. Über Schufswirkung.

Thomas Barr. Untersuchung über die Einwirkung lauter Geräusche auf das Gehör der Kesselschmiede und anderer in lärmender Umgebung beschäftigter Arbeiter. Glasgow Philosophical Society. März 1886. Archiv f. Ohrenh. Bd. 24 p. 215.

Lannois. Le téléphone et les affections de l'oreille. Congrès international

Bereits 1887 suchte Verf. durch andauernde Schalleinwirkungen pathologische Veränderungen im Gehörorgan hervorzurufen. Indem er den Schall auf den ganzen Organismus des Tieres wirken liefs, erzeugte er indessen Linsenstar (siehe S. 633). Um nun die Schalleinwirkung auf den übrigen Körper auszuschliefsen und sie nur auf das eine Ohr einzuschränken, experimentiert Verf. jetzt mit einem Telephon, das mit den Gehörgängen von Meerschweinchen verbunden ist. Auf diese Weise gedenkt Verf. den gewünschten Zweck zu erreichen; dafs hierzu Aussichten vorhanden sind, dafür spricht der Umstand, dafs bei Beamten von Telephonstationen Affektionen des inneren Ohres, die zu Taubheit führen, konstatiert sind.

Über den Einfluſs einer totalen oder partiellen Zerstörung des Gehörorgans auf die Entwickelung des Tierorganismus ist bis jetzt so gut wie nichts bekannt.

Um dieser Frage näher zu treten, hat Verf. Versuche an jungen Meerschweinchen angestellt, indem er denselben die Schnecke zerstörte und die hierauf folgenden Erscheinungen lange Zeit hindurch beobachtete.

Versuch 1. An einem 3 bis 4 Tage alten Meerschweinchen wird die Schnecke beiderseits intrakapsulär zerstört. Dabei mufs die Operation selbst zweizeitig ausgeführt werden, da andernfalls das Tier zu Grunde geht; das zweite Ohr wird je nach dem Zustande des Tieres nach einem oder nach zwei Tagen vorgenommen. In den ersten Tagen nach der Operation mufs das Meerschweinchen täglich einigemal an der Brust des Muttertieres saugen; wenn mehrere Junge vorhanden sind, so müssen dieselben entfernt werden, damit sie das operierte Tierchen nicht erdrücken. Hat das Meerschweinchen die Operation glücklich überstanden, so entwickelt es sich langsam und erreicht nie die Dimensionen eines normalen Tieres. (Erscheinungen, an Meerschweinchen beobachtet, welche im September 1886 operiert waren und im März 1887 in einer der Sitzungen der Physiko-Medizinischen Gesellschaft zu Moskau vorgestellt wurden.)

Vergleichen wir ein solches Meerschweinchen mit einem normalen. Das erste, was am operierten Exemplar in die Augen springt, sind die stärker hyperämischen Ohrmuscheln und die kleineren Augen. Die Augenspalte ist so weit verengt, dafs selbst beim Auseinanderbringen der Lider nur mit Mühe ein schmaler Streifen der sclera freigelegt werden kann, während dieselbe am normalen Tier, besonders in den Augenwinkeln, gut sichtbar ist. Der Kopf hat eine plumpe, stumpfmäulige Gestalt. Die am stärksten hervortretende Erscheinung besteht in einer allgemeinen Hyperästhesie, welche sich ganz besonders am Kopf und in der Bauchgegend äufsert: ein leichtes Streichen der Ohrmuscheln ruft eine Bewegung derselben und ein energisches Schütteln des Kopfes, Streichen am Bauche ein klägliches Geschrei hervor; wenn man

---

d'Otologie et de Laryngologie tenu à Paris du 16 au 21. Sept. 1889. Comptes rendus et mémoires p. 265. Annales des maladies de l'oreille 1889, Nr. 10.

J. CLARENCE BAKE. Über den Einfluſs des Telephongebrauches auf das Hörvermögen. Zeitschr. f. Ohrenh. Bd. XX, 1 S. 85.

B. NIMIER. Über die Wirkungen der Detonation der Feuerwaffen auf das Ohr. Der Militärarzt. 1889 Nr. 1. A. f. O. Bd. 29 p. 320.

die Haut zusammenfaltet und mit den Fingern leicht zusammendrückt, schreit das Tier besonders laut. Dieselbe Erscheinung beobachtet man auch bei Druck auf die Wirbelsäule, den Hinterteil des Schädels, in der Gegend hinter den Ohren und am Unterkiefer. Keine Bewegungsstörungen; totale Taubheit.

Versuch 2. An einem Meerschweinchen wurde 1886 eine einseitige Zerstörung der Schnecke auf der rechten Seite vorgenommen. Die Gestalt des Kopfes weist normale Konturen auf.

Die Oberlippe auf der operierten rechten Seite ist nicht ganz entwickelt: sie reicht an die Unterlippe nicht heran. Auf derselben Seite ist infolge der mangelhaften Entwickelung der Augenspalte die sclera nicht sichtbar, und das Auge erscheint im Vergleich zu dem relativ normal entwickelten linken kleiner und trübe.

Berührt man die Ränder der Lider des rechten Auges, so bemerkt man, besonders wenn die Berührung am inneren Augenwinkel geschehen ist, an der rechten Ohrmuschel eine krampfhafte Bewegung, welche der Zahl der Berührungen entspricht. Diese merkwürdige Erscheinung fehlt auf der unverletzten Seite, wo das Tier nur das Auge zukneift. Ferner beobachtet man jedesmal bei der Berührung Einziehen des ganzen rechten bulbus, eine Erscheinung, die auf der anderen Seite fehlt und nur bei der Berührung des Auges, nicht aber bei der Annäherung eines Gegenstandes an dasselbe eintritt. Auch hier nimmt man Hyperästhesie auf der operierten Seite wahr, die sich am allerstärksten in der Gegend des tragus der operierten Seite äufsert: leichte Berührung ruft heftiges Kopfschütteln hervor.

Am Rumpf äufsert sich die Hyperästhesie allem Anscheine nach schärfer auf der Seite, wo die Schnecke vernichtet ist. Die spina vertebralis und der hintere Teil des Kopfes zeigen keine gesteigerte Empfindlichkeit. Bei leisem Druck auf den linken Unterkiefer schreit das Tier kläglich. Im Wachstum ist das Tier hinter normalen etwas zurückgeblieben. Es läuft ganz unbehindert.

Die Obduktion ergab eine totale Zerstörung des Inhalts beider Schnecken. Das übrige Labyrinth wurde nicht untersucht. Bei der makroskopischen Prüfung erwies sich der n. facialis anscheinend unverletzt, war jedoch von dem Narbengewebe der Wunde umgeben. Die Stellung der Schneidezähne war normal. Degeneration der Gesichtsmuskeln nicht vorhanden.

In Anbetracht der nicht hinreichend ausführlichen mikroskopischen Prüfung der citierten Versuche hat Verf. nach dieser Richtung hin noch eine Anzahl analoger Versuche angestellt, die mikroskopisch ganz genau geprüft werden sollen, und deren Besprechung Verf. sich auf später vorbehält.

Bei einer Verletzung der Bogengänge oder der Schnecke darf man die Möglichkeit einer Beschädigung des n. facialis nicht unberücksichtigt lassen. Die soeben angeführten trophischen Störungen könnten auf eine Affektion des n. facialis zurückzuführen sein.

SCHAUTA ist bis jetzt, soweit Verf. bekannt, der einzige, welcher eine ausführliche Arbeit über die Extraktion des n. facialis geliefert hat (1872).

Versuche mit der totalen Zerstörung des n. facialis stellte SCHAUTA an Kaninchen an.[364]) Zu diesem Zweck wurde der Nerv mit einem feinen Faden unterbunden, mittels dessen sein centrales Ende aus dem canalis Fallopii ganz herausgezogen wurde. Nach 8—9 Monaten trat eine Reihe trophischer Störungen auf:

1. Die Mundspalte ist nach der gesunden linken Seite verschoben, sodafs eine von der Mitte der Stirn nach der Nase und dem Munde gezogen gedachte gerade

[364]) FR. SCHAUTA. Zerstörung des nervus facialis und deren Folgen. Mit 1 Tafel. Sitzungsberichte d. k. Wiener Akademie der Wissenschaften. Math.-Naturwiss. Klasse. LXV. Bd.. p. 105—116. Den 14. März 1872.

Linie die rechte Nasenöffnung ungefähr in der Mitte schneidet. Die linke Oberlippe ist 2 mm länger als die rechte. Die Mundspalte liegt schräg von rechts unten nach links oben. Der äufsere Winkel des linken Nasenloches befindet sich 6 mm tiefer als beim rechten.

2. Die Schneidezähne bilden mit den Kieferrändern auf beiden Seiten nicht gleich stumpfe Winkel: auf der rechten kranken Seite beträgt dieser Winkel 180°, auf der linken gesunden ist er weniger stumpf.

3. Die Dimensionen der Gesichtspartieen auf der kranken Seite sind verglichen mit denen auf der gesunden kleiner. So z. B. beträgt die Breite der Augenspalte rechts 18 mm, links 20 mm (in einem anderen Falle rechts 16 mm, links 14 mm), die Höhe derselben rechts 9 mm, links 11 mm (bei dem andern Versuch 9 resp. 10 mm). Es wird eine ganze Tabelle der Dimensionsänderungen gegeben.

4. Das rechte Ohr hängt unbeweglich in ein und derselben Stellung herab.

5. Die rechte Hälfte ist völlig unbeweglich. Das rechte Nasenloch vollführt nach der Seite der gesunden linken Seite, d. h. in der Richtung nach dem Auge, passive Bewegungen nach oben und nach hinten.

6. Annäherung eines Fingers oder eines Bleistiftes an das rechte Auge verursacht nicht ein Schliefsen der Augenspalte, sondern ein schwaches Einziehen des bulbus. Annäherung des Fingers bis zur Berührung mit dem Auge ruft ein Hinaufschieben der membrana nictitans und eine Bewegung des Kopfes hervor. Die cornea ist auf beiden Seiten klar. Die conjunctivae sind normal. Die Wimpern der rechten Seite sind mit Eiter bedeckt. Der Thränenflufs wird durch die Paralyse des musc. orbicularis palpebrarum gefördert.

7. Die Tasthaare sind zerzaust, mehr nach hinten gerichtet, kürzer, gleichsam abgebissen, und in geringer Anzahl vorhanden. Bei der Berührung derselben wird nicht, wie auf der gesunden Seite, ein lebhaftes Zucken der Muskeln wahrgenommen.

Sofort nach der Operation zogen sich die Nase und der Mund nach der gesunden linken Seite hinüber, wie es auch bei Menschen der Fall ist, und erst im Laufe der Zeit rückten die Teile wieder nach rechts.

Bei allen Versuchen ergab sich stets das nämliche Resultat. Bei einem Kaninchen wurde ein häufiges krampfartiges Zucken im Ohre der gelähmten Seite wahrgenommen, trotz der völligen Unbeweglichkeit der übrigen Muskeln. Diese Erscheinung erklärt sich durch die Kontraktion des musc. intermedius scutulorum, der als unpaarer Muskel ohne Zwischensehne beide Oberknorpel verbindet. Auf diese Weise konnte bei der Kontraktion der Muskeln auf der gesunden Seite das Ohr auf der kranken Bewegungen vollführen.

Bei der Entfernung der Haut auf der gelähmten Seite zeigten sich Falten, die den musc. zygomaticus senkrecht durchschnitten. Die makro- und mikroskopische Untersuchung der Muskeln und des Kaninchens, das nach 7 Monaten getötet wurde, ergab auch nicht die geringste Spur einer Atrophie oder einer Degeneration, die erst an einem nach 9 Monaten getöteten Kaninchen auftrat. Die glandula submaxillaris und die parotis waren beträchtlich atrophisch.

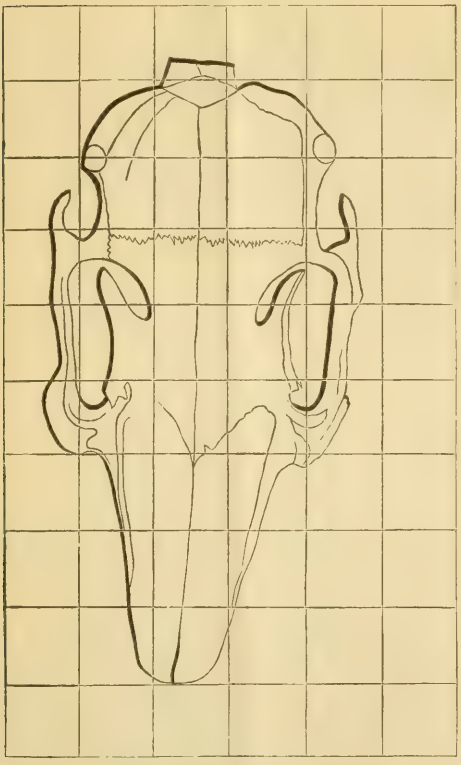
Die Schädelknochen erlitten ebenfalls Veränderungen, welche sich, wie aus den nachstehenden Abbildungen ersichtlich ist, in einer ziemlich merklichen Krümmung nach der kranken Seite äufserten. Die Verkleinerung der Dimensionen der Teile auf der kranken Seite im Vergleich zu der gesunden werden durch die Messungen SCHAUTAS bestätigt.

Bei den Versuchen des Verfassers war keins von den Symptomen wahrzunehmen, dienach der Extraktion des n. facialis von SCHAUTA beobachtet sind.

1. Die Ohrmuschel auf der operierten Seite hängt nicht unbeweglich herab, sondern bewegt sich beim Kitzeln. 2. Das Lid des operierten Auges

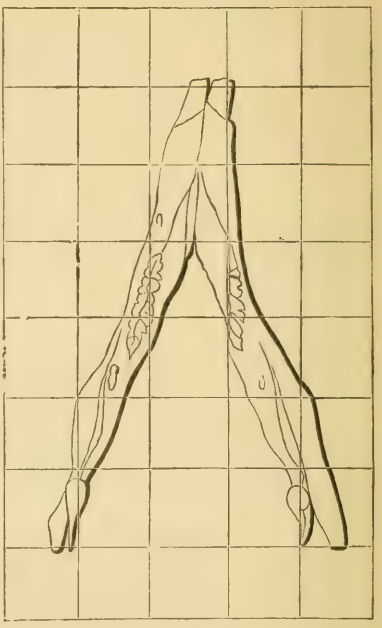
ist beweglich und bedeckt dasselbe. 3. Thränenfluſs und Eiterung ist nicht vorhanden. 4. Die Schneidezähne stehen normal. Als auf eine sehr merkwürdige Erscheinung jedoch muſs hierbei auf die mangelhafte Entwicklung der Augenspalte der *anderen* gesunden und auf die ungewöhnliche

Fig. 185.



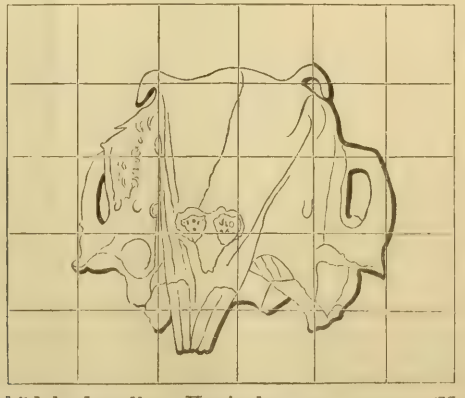
Ansicht des Schädels von oben.
(Nach SCHAUTA.)

Fig. 186.



Ansicht des Unterkiefers von oben.
(Nach SCHAUTA.)

Fig. 187.



Ansicht des Schädels desselben Kaninchens von vorn. (Nach SCHAUTA.)

Hyperästhesie der operierten Seite hingewiesen werden. Ob diese Veränderungen durch eine Affektion des facialis oder durch die Zerstörung der Schnecken bedingt sind, werden die Kontrollversuche zeigen, die Verf. nach dieser Seite von neuem anstellen wird. Aufserdem spricht gegen Lähmungserscheinungen des facialis auch die Bewegung der Ohrmuschel, die auf reflektorischem Wege durch die Berührung der cornea des operierten Auges ausgelöst wird. Nichts derartiges beobachtet man auf der gesunden Seite, wo das Tier einfach das Auge zukneift.

Ewald beobachtete Degeneration aller Muskeln bei Tauben nach Extraktion der membranösen Bogengänge und des vestibulum.

III.

Veränderungen in der Sensibilität und in den Funktionen anderer Sinnesorgane.

Bezüglich dieser interessanten Frage liegen bis jetzt einzig und allein die Beobachtungen von Urbantschitsch vor, die am normalen Menschen angestellt worden sind.

Über den weiteren Einfluſs, der durch eine Verletzung von Teilen des Labyrinths auf andere Sinnesorgane ausgeübt wird, ist so gut wie nichts bekannt.

IV.

Veränderungen in den chemischen und physikalischen Vorgängen des Organismus.

Über die Wirkung des Schalles auf den Chemismus der Gewebe, der Flüssigkeiten und der Sekrete ist fast nichts bekannt. Dagegen liegen bereits Beobachtungen über die Wirkungen von Reizungen der Sinnesorgane auf die Stärke der im Nervensystem vorhandenen elektrischen Ströme vor. Wenn die Richtigkeit der angeführten Beobachtungen sich durch fernere Versuche bestätigen sollte, so wird hiermit dem Physiologen ein schönes Mittel zur objektiven Beobachtung vieler biologischer Prozesse gegeben sein.

Methoden zur Bestimmung der Gehirn- und Rückenmarksfunktionen mit Hilfe der elektrischen Erscheinungen.

Werden zwei unpolarisierbare Du Bois-Reymondsche Elektroden (nach Beck wurden hierzu mit 0,6procentiger Kochsalzlösung befeuchtete Thonelektroden verwendet) auf zwei Stellen der Oberfläche des Centralnervensystems aufgesetzt und mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden, so bleibt die Nadel entweder in Ruhe, oder sie gibt einen geringen Ausschlag, der durch den sogenannten „Ruhestrom“ (Beck) verursacht sein kann. Bei Reizung des einen oder des anderen Sinnesorgans wird sich ein mehr oder weniger grofser Ausschlag der Nadel

ergeben. Nach vorsichtiger Entfernung der dura ohne Verletzung des Gehirns vollführte die Nadel bereits beständige, mehr oder weniger regelmäfsige Schwingungen, die weder mit der Atmung noch mit dem Puls noch mit irgend welcher Bewegung des Tieres isochron waren, da sie auch an curarisierten Hunden beobachtet wurden.[365])

---

[365]) Anläfslich der angeführten Methode entspann sich ein Streit um die Priorität ihrer Entdeckung. FLEISCHL reichte am 6. November 1883 der Wiener Akademie ein versiegeltes Kouvert ein, das erst nach dem Erscheinen der Arbeit BECKs geöffnet wurde.

Aus der chronologischen Reihenfolge geht hervor, dafs in England GOTCH und HORSLEY nach dieser Richtung hin früher als BECK eine ganze Reihe von Mitteilungen geliefert haben. Nach den neuesten Informationen mufs die Priorität der Entdeckung dieser Erscheinung RICHARD CATON zuerkannt werden, der seine erste Mitteilung über die elektrischen Vorgänge in der grauen Gehirnsubstanz zufolge einer Aufforderung der „British Medical Association“ gemacht hat.

A. BECK. Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn- und Rückenmarksfunktionen vermittelst der elektrischen Erscheinungen. Ausführlich in polnischer Sprache in den Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Krakau, XXI. Centralblatt für Physiologie. 8. November 1890. Bd. IV, p. 473—76.

ERNST FLEISCHL. Mitteilung, betreffend die Physiologie der Hirnrinde. Centralblatt für Physiologie. 6. Dez. 1890. Bd. IV, p. 537—540. Beweist seine Priorität.

F. GOTCH und V. HORSLEY. Über den Gebrauch der Elektrizität für die Lokalisation der Erregungserscheinungen im Centralnervensystem. Centralbl. für Physiol. 31. Januar 1891. Bd. IV, p. 649—651.

Hier sind alle Arbeiten dieser Autoren und Referate angegeben:

1. Am 26. Aug. 1888 wurde die Arbeit der „Royal Society in London“ eingereicht. Im Druck erschien sie in „Proceedings of the Royal Society“ im November 1888 unter dem Titel: „Beobachtungen über die elektromotorischen Erscheinungen im Rückenmark der Säugetiere infolge der elektrischen Reizung der Grofshirnrinde. Vorläufiger Bericht.“

2. 1888 fand auf dem medizinischen Kongrefs zu Washington eine Mitteilung statt.

3. Im Frühjahr 1889 stand die Fortsetzung der Untersuchungen in „Brown Institution“.

4. Am 21. März 1889 erschienen die Untersuchungen in extenso in „Nature“, p. 500.

5. Am 6. Juli 1889 wurden Versuche in der „Physiological Society of the United Kingdom“ zu Oxford demonstriert.

6. Am 3. April 1889 erschien im „Centralbl. f. Physiol.“ ein kurzes Referat über diese Arbeit.

7. Am 11. September 1889 wurden die Versuche auf dem internationalen Kongrefs zu Basel demonstriert. Ein kurzes Referat hierüber findet sich im „Centralbl. f. Physiol.“ vom 12. Okt. 1889.

8. Am 21. Sept. 1889 ein Referat im „Progrès médical“, p. 367, 270.

9. Am 7. März 1890 las man weitere Beobachtungen im „Royal Institution of Great Britain“.

10. Am 18. Juni 1890 Demonstration in der „Physiological Society of the United Kingdom“, abgedruckt im „Journal of Physiology“.

11. Die Arbeit wird auch im Lehrbuch der Physiologie von FORSTER erwähnt, p. 1044.

Mittels dieser Methode gelang es, die hinsichtlich der Sehsphären angestellte Beobachtung MUNKS zu bestätigen. Bei Reizung des Auges mittels Magnesiumlichts wurde der lobus occipitalis der Hemisphäre der andern Seite negativ elektrisch. Bei Reizung des Gehörorgans waren die Erscheinungen nicht so deutlich. Die Ursache mag darin liegen, dafs die Elektroden sich nicht genau an die untere Fläche der Schläfenlappen ansetzen liefsen.

RICHARD CATON. Die Ströme des Centralnervensystems. 22. Februar 1891. Centralbl. für Physiol. 14. März 1891, p. 785. Im Auftrage der „British Medical Association", die eine gewisse Geldsumme für Versuche 1874 aussetzte, stellte RICH. CATON Untersuchungen über die elektrischen Vorgänge in der grauen Gehirnsubstanz an. 1875 wurde in der physiologischen Sektion der Br. Med. Ass. die erste Mitteilung gemacht, die im Brit. Med. Journ. 1875, II, p. 278 abgedruckt wurde. Hierüber wurde auch auf dem IX. medizinischen Kongrefs in Washington, III, p. 246 gelesen: „Untersuchungen über elektrische Erscheinungen der grauen Hirnsubstanz".

WERIGO, aus dem TARCHANschen Laboratorium im „Westnik psychiatrii" VII, 1 (russisch).

Alphabetisches Autorenverzeichnis.

A.

Aristoteles S. 3, 6.
Alkmaion S. 3.
Achillini S. 12.
Aranzi S. 21.
Arnold S. 22, 72.
Athanasius S. 32.
Autenrieth S. 56, 57, 173, 446, 519, 596, 598, 656.
Adler S. 73.
Allmann S. 73.
Ayers, Howard S. 145.
Aubert S. 372.
Arnheim S. 452.
Azara S. 606.

B.

Breschet S. 2, 72, 73, 82, 576.
Baase S. 12.
Berengarius Carpensis S. 12.
Bauhinus S. 18, 26.
Bois, Du S. 18.
Boerhaave S. 22, 34, 39, 173, 175.
Brendel S. 41.
Buffon S. 45, 56.
Bell S. 72.
Bichat S. 72, 73, 199.
Blainville S. 73.
Bendz S. 83.
Bowmann S. 83.
Böttcher S. 87, 90, 91, 111, 123, 144, 176, 199, 200, 210, 225, 227, 228, 230, 231, 236, 238, 291, 294, 299, 326, 330, 350, 407, 421, 460, 495, 571, 581, 590, 616.
Bochdaleck S. 90.
Boll S. 90.
Bull S. 91.
Barth S. 91.
Berthold S. 91, 177, 215, 225, 227, 236, 256, 261, 267, 287, 292, 308, 331, 332, 334, 337, 350, 431, 438, 441, 460, 591, 617, 626, 629, 630.
Bridge S. 91.
Buck S. 92.
Baer S. 101, 144, 149.
Brückner S. 108, 154, 452.
Bonnafont S. 127.
Brunner S. 131, 134, 165, 676.
Bürkner S. 132.
Bezold S. 132, 159, 161, 162, 163, 164, 670.
Burnett S. 133, 134.
Bernard, Claude S. 306, 333, 517, 642.
Boucheron S. 135.
Baginsky S. 138, 314, 323, 346, 348, 416, 631, 641, 660, 665.
Burckhardt-Merian S. 165.
Bockendahl S. 168, 601, 667.
Brown-Séquard S. 175, 224, 287, 306, 310, 408, 424, 435, 438.
Bloch, J. S. 176, 210, 214, 224, 333, 408, 420, 429, 571, 590, 619, 626.
Breuer, J. S. 176, 177, 213, 215, 216, 217, 223, 252, 264, 266, 267, 274, 293, 296, 302, 303, 305, 309, 331, 332, 333, 340, 342, 363, 381, 383, 384, 388, 389, 392, 395, 399, 403, 425, 431, 435, 437, 441, 457, 462, 469, 470, 477, 479, 491, 495, 499, 552, 561, 563, 577, 582, 592, 617, 619, 622, 629, 630, 641.

Bornhardt S. 177, 215, 216, 218, 223, 225, 227, 229, 230, 231, 232, 236, 238, 261, 262, 265, 279, 280, 281, 287, 289, 293, 295, 296, 317, 319, 320, 329, 331, 332, 337, 350, 363, 365, 395, 399, 403, 411, 422, 425, 427, 430, 433, 437, 439, 441, 459, 461, 462, 477, 487, 489, 496, 593, 599, 615, 617, 618, 619, 623, 629, 665.
Bechterew S. 306, 307, 311, 314, 332, 337, 423, 424, 433, 436, 438, 441, 645, 446.
Budge S. 316.
Barr S. 676.
Bake S. 677.
Beck S. 682.

C.

Cotugno S. 2, 22, 42, 110, 640.
Corti S. 2, 84.
Cicero S. 9, 18.
Cassius Felix S. 11.
Colombo Realdo S. 14, 18.
Coiter, Volcher S. 18.
Casserio S. 18, 24.
Caldani S. 18, 45.
Cat, Le S. 22, 44.
Cramer S. 34, 40.
Cassebohm S. 39, 42, 73.
Comparetti S. 53, 73.
Cuvier S. 54, 72, 199, 576, 657.
Cooper, Astley S. 69.
Carlisle S. 72.
Clark S. 73.
Cagniard de la Tour 74.
Chladni S. 74.
Carus S. 82, 83.
Claparède S. 89.
Claus S. 90, 523.
Claudius S. 90, 111.
Clason S. 90.
Carl, A. S. 90.
Czermak S. 138, 175, 224, 242, 245, 286, 306, 330, 417.
Corradi S. 140, 169, 631, 664.
Cassel S. 160, 164.
Christinneck S. 161.
Cyon S. 176, 177, 181, 203, 211, 215, 219, 223, 225, 228, 230, 231, 236, 238, 267, 280, 286, 290, 301, 311, 316, 326, 334, 337, 351, 363, 367, 400, 408, 418, 419, 425, 433, 435, 459, 470, 478, 497, 508, 515, 549, 574, 594, 618, 620, 623, 641, 644, 666.
Curschmann S. 177, 225, 227, 286, 291, 306, 334, 350, 410, 421, 425, 432, 623.
Crum-Brown S. 90, 179, 493, 582.
Chun S. 185.
Carville S. 306.
Chevreul S. 424.
Christiani S. 671.
Caton S. 683.
Cisow S. 91.
Ciniselli S. 91.
Coyne S. 91.
Chatin S. 91.
Coggi S. 91.

D.

Diogenes S. 3.
Demokritos S. 3.
Dömbing S. 22.
Dufour S. 73.
Duhamel S. 74.
Deiters S. 89.
Dercum S. 91.
Dennert S. 106, 135, 152, 164.
Delage S. 180, 182, 184, 191, 192, 194, 195, 197, 200, 370, 425, 433, 438, 498, 500, 513, 561.
Duret S. 306.
Darwin S. 355.
Dietrich S. 607.
Deutschmann S. 633.
Dogiel S. 671.

E.

Empedokles S. 3.
Epikur S. 7.
Erasistratos S. 8.
Eustachio, Bartholmäus S. 16.
Estève S. 34, 41.
Elliot S. 47.
Esser S. 72, 657.
Eydoux S. 73.
Emmert S. 73.
Erichson S. 73.
Euler S. 74.
Ebner S. 102, 467.
Erhard S. 127.
Ewald, Rich. S. 170, 178, 182, 213, 214, 215, 221, 233—236, 258, 267, 277, 285, 288, 304, 305, 349, 352, 394, 398, 435, 471, 575, 604, 618, 621, 623, 626, 641, 647, 655, 681.

Engelmann S. 184, 502, 561.
Eimer S. 188.
Eckhardt S. 306.
Ecker S. 569.
Erxler S. 606.

F.

Fallopius S. 12, 198.
Flourens S. 22, 64, 166, 174, 199, 214, 223, 224, 228, 229, 231, 236, 238, 240, 279, 280, 281, 285, 297, 298, 304, 309, 336, 342, 408, 416, 425, 517, 585, 598, 615, 618, 655, 665.
Fabricius (ab Aquapendente) S. 22.
Fischer S. 22, 69, 72.
Folius, Cäcilius S. 27.
Farre S. 73.
Frey S. 73.
Ferri S. 91.
Ferré S. 91.
Ferrier S. 135, 306, 404.
Fano S. 169, 287, 335.
Fick S. 470.
Freuler S. 606.
Fleischl S. 682.

G.

Galenus S. 8, 9, 18.
Geoffroy S. 22, 32, 47.
Galvani S. 48.
Gottstein S. 90, 129.
Goldschein S. 90.
Gellé S. 91, 154, 155, 167, 213, 503, 514, 610, 657.
Gradenigo S. 91, 132, 133.
Graber S. 120, 652.
v. Gumpert S. 133.
Gruber S. 162, 163, 164.
Guye S. 164.
Graves S. 172.
Goltz S. 175, 178, 210, 224, 287, 306, 311, 318, 353, 389, 402, 417, 425, 426, 427, 438, 458, 467, 615, 643.
Gallerani S. 307.
Gottwald, G. S. 406.
Gegenbaur S. 523, 542.
Gotch S. 682.

H.

Hippokrates S. 5.
Herophilos S. 8.
Heuermann S. 18, 22.
Haller S. 18, 22, 34, 43, 171.
Home S. 18, 71, 72, 82.
Harvey S. 29.
Hyrtl S. 72, 83, 181, 199, 607.
Haeven, von der, S. 72.
Hunter S. 73.
Hancock S. 73.
Hochstetter S. 73.
Huschke S. 73, 81, 82, 87.
Harless S. 175, 224, 286, 331.
Hannover S. 82, 83, 111.
Helmholtz S. 89, 92, 93, 125, 127, 465, 466.
Hartmann S. 89, 132.
Hensen S. 89, 90, 91, 100, 108, 111, 115, 142, 168, 205, 212, 323, 335, 489, 504, 513, 551, 601, 651, 666.
Hasse S. 90, 101, 118, 143, 146, 171, 210, 432, 445, 466, 542, 551, 557, 563, 573.
Horbaczewsky S. 90.
Hermann S. 111, 137, 306, 514.
Hoffmann S. 126.
Habermann S. 136.
Heule S. 138, 633.
Haidar S. 306.
Högyes S. 325, 345, 400, 413 471, 600, 665.
Herz, Marcus S. 355.
Hitzig S. 365, 382, 398.
Hedinger S. 406.
Heyne S. 513.
Hirschfeld S. 463.
Hatschek S. 523.
Hayek S. 523.
Heidenhain S. 600, 601.
Horsley S. 682.

I.

Ingrassias S. 15.
Itard S. 18, 22, 127.
Ibsen S. 91, 547.
v. Ihering S. 514, 554.
Istamanow S. 670, 671, 674.

J.

Jacob S. 22.
Jackson S. 72, 402, 446.
Jacobson L. S. 72.
Jacobson S. 132, 161, 324.
James S. 381, 405.
Jakubowitsch S. 451.

K.

Kircher S. 32, 34.
Köller S. 56.
Kerner S. 57, 519, 596, 598, 656.

Kessler S. 71.
Krohn S. 73.
Kölliker S. 73, 83, 88.
König S. 74.
Krause S. 82, 512.
Krieger S. 82.
Keferstein S. 89.
Kowalewski S. 90.
Ketel S. 90, 545.
Key, Axel S. 90, 91.
Kuhn S. 91, 551, 553, 561.
Katz S. 91.
Kessel S. 92, 320, 670.
Knapp S. 129, 133, 165, 166.
Kirchner S. 132.
Kapp S. 137.
Kaufmann S. 163.
v. Krzywicki S. 166.
Kreidl S. 180, 196, 208, 371, 387, 388, 568.
Krukenberg S. 188.
Kölreuter S. 199.
Kiesselbach S. 205, 566.
Kny S. 385.
Korányi S. 402.
Krause, Rud. S. 512.
Krieger S. 553.
Kunde S. 633.
Kronacker S. 671.

L.

Lews S. 2.
Laurentius, Andreas S. 21.
Lyser S. 29.
Lincke S. 34, 58, 71, 81.
Latreille S. 73.
Laurent S. 73.
Leuckart S. 73, 606.
Laborde S. 74, 181.
Ludwig S. 81.
Leydig S. 89, 90, 482, 523.
Lang S. 89, 523.
Löwenberg S. 90, 176, 224, 260, 267, 330, 333, 337, 338, 435, 438, 440, 615, 629, 642.
Lucae S. 90, 262.
Lacaze-Duthiers S. 90.
Lawdowsky S. 90, 150, 452.
Lannios S. 91.
Leschevin S. 110, 126.
Laissy S. 127.
Löb S. 208.
Lafargue S. 306.
Longet S. 306, 314.
Lussana S. 307.
Lange, Bog. S. 339.
Luchsinger S. 391.
Léveillé S. 463.
Lund S. 596.
Lannois S. 676.

M.

Marinus S. 8.
Mundinus S. 11.
Marherr S. 18, 22, 32.
Magendie S. 18, 68, 71, 306, 310.
Manget S. 22.
Müller, Joh. S. 22, 73, 74, 171.
Meyer S. 22.
Muncke S. 22.
Molinetti S. 27.
Marchettis, Dominicus de, S. 29.
Mead, Richard S. 39.
Morgagni S. 39.
Mairan S. 40.
Meckel S. 46, 73, 519, 596, 597, 640.
Monro S. 54, 72, 199.
Milne Edwards S. 73.
Mandl S. 82.
Middendorp S. 90.
Mayer, P. S. 90.
Moldenhauer S. 90, 665.
Moos S. 91, 128, 129, 131, 133, 134, 136.
Mitrofanow S. 91.
Mach S. 92, 100, 102, 105, 179, 267, 359, 384, 393, 399, 461, 467, 470, 471, 472, 486, 489, 495, 497, 670.
Magnus S. 128, 129, 165.
Munk S. 135, 138, 306, 406, 631, 658.
Müller, G. S. 146.
Masini S. 169, 287, 335.
Moon S. 172, 469.
Michalsky S. 183.
Mattes S. 256, 331.
Minor S. 306.
Magron S. 310.
Mygind S. 377, 405, 406.
Ménière S. 404.
Malinin S. 446.
Müller, Joh. S. 545.
Michel S. 633.
Mitschel S. 633.

N.

Newpart S. 73.
Nuel S. 90, 91.

Niemeyer S. 180.
Nothnagel S. 306.
Neuwied S. 606.
Nimier S. 677.

O.

Owen S. 73.
Ohm S. 89.
Owsiannikow S. 90.
Odenius S. 90.
Ogston S. 446.

P.

Platon S. 5.
Picolhuomini S. 21.
Pohl S. 22, 580.
Prochaska S. 22.
Perrault S. 30.
Parent S. 37.
Perolle S. 56.
Ponchet S. 73.
Pappenheim S. 82.
Pritchard S. 90, 91, 512.
Politzer S. 91, 127, 135, 600, 640.
Preyer S. 107, 137, 446, 454, 510, 662.
Pisco S. 137.
Pollak S. 168, 180, 385, 603, 631, 668.
Philipeaux S. 306.
Purkinje S. 355, 357.
Pincus S. 418.

Q.

Quatrefages S. 73.

R.

Rudolphi S. 22, 127.
Riolanus S. 27.
Ruysch S. 38.
Ramdohr S. 73.
Reissner S. 73, 87.
Rinne S. 81, 140.
Rüdinger S. 90, 91, 504, 561.
Retzius S. 90, 91, 542, 551, 557.
Ranke S. 90, 119, 513.
Reichert S. 90.
Rosenthal S. 126.
Roosa, John S. 132, 133.
Rutherford S. 145.
Robertson S. 183.
Robin S. 205.
Rolando S. 306, 519.
Renzi S. 306.
Ritter S. 381, 633.

S.

Stephanus, Henricus S. 8.
Savart S. 18, 60, 74.
Scarpa S. 22, 45, 48, 199, 640.
Spigelius S. 27.
Sennere S. 34.
Schelhammer S. 35.
Sénac S. 38.
Sömmering S. 71, 72.
Steifensand S. 72, 82.
Shrapnell S. 72.
Syms S. 72.
Saunders S. 72.
Souleyet S. 73.
Stannius S. 73.
Siebold, v. S. 73.
Sauveur, Le S. 74.
Scott S. 74.
Schultze, Max S. 87.
Schultze, Franz S. 89, 482.
Steinbrügge S. 91, 110, 136.
Schwalbe S. 91, 199.
Sappey S. 91.
Sarasin S. 91.
Siebenman S. 91.
Stumpf S. 101, 107, 140, 146.
Scheffler S. 113, 143.
Schwartze S. 127, 160, 161, 163, 164.
Swaagman S. 128.
Swan Burnett S. 130.
Schubert, P. S. 132.
Sune S. 132.
Spalding S. 134.
Stepanow S. 154.
Scheremetewski S. 154.
Schwabach S. 165.
v. Stein S. 166, 447, 448, 453, 596, 611, 612, 613, 633.
Solucha S. 176, 225, 228, 230, 231, 236, 238, 286, 316, 356, 337, 418, 419, 574, 594.
Schklarewsky S. 176, 224, 256, 581, 626.
Spamer S. 178, 199, 215, 223, 227, 238, 250, 253, 261, 263, 267, 286, 291, 303, 321, 327, 351, 410, 423, 435, 437, 469, 623, 629, 630.
Sewall S. 180, 206, 341, 350, 408, 409.
Steiner S. 180, 192, 194, 195, 205, 206, 301, 306, 341, 349, 389, 495, 500, 566, 623, 665.

Stefani S. 183. 286.
Stenonius S. 199.
Schrader S. 212, 306, 314, 317, 338, 391, 575, 646.
Schiff S. 306, 310, 392, 606, 643.
Schwan S. 306.
Schmiedecam S. 323.
Stieda S. 335, 408.
Schäfer S. 386, 387, 457, 458.
Sietschenow S. 451.
Schrapringer S. 670.
Stricker S. 673.
Schauta 678, 680.

T.

Tourtual S. 22.
Teule S. 22, 72.
Treviranus S. 22, 36, 59, 73, 81, 127.
Tiedemann S. 22.
Trampel S. 71.
Todd S. 72, 83.
v. Troeltsch, S. 89.
Tafani S. 91.
Tartaroff S. 91.
Tomaszewicz, Anna S. 176, 203, 219, 288, 290, 309, 344, 345, 365, 388, 389, 394, 397, 400, 404, 431, 464, 478, 488, 489. 566, 574, 597, 600, 645.
Tédénat S. 406.

U.

Utz S. 90.

V.

Vidi Vidii S. 12.
Vesalius, Andreas S. 12.
Verney, Du S. 18, 22, 32.
Valsalva S. 18, 22, 34, 36, 42.
Varoli S. 21.
Veslingius, Johannes S. 27.
Vieussens S. 36, 38, 42.
Verdac S. 52.
Venturi S. 56, 173.
Valencienne S. 73.
Voltolini S. 90, 91, 153.
Victor S. 90.
Vulpian S. 175, 224, 226, 240, 262, 306, 318, 323, 417, 435, 458, 591, 618, 629.
Verworn S. 180, 187, 190.
Viguier S. 181, 569.

W.

Willis S. 18, 29, 519, 596.
Winslow S. 38.
Wilberg S. 53.
Weber S. 69, 72, 74, 199.
Walther S. 71.
Will S. 73.
Wollaston S. 74. 126.
Wertheim S. 74.
Winiwarter S. 90.
Waldeyer S. 90.
Wiedersheim S. 90, 523, 542.
Weber-Liel S. 90, 91, 139, 520.
Wundt S. 107, 172.
Wolf, Osc. S. 129, 165.
Weiss S. 133, 183.
Wittich S. 133.
Wagenhäuser S. 163.
Waldeyer S. 584.
Werigo S. 683.

Y.

Young S. 72.

Z.

Zinn S. 41.
Zaufal S. 90.
Zuckerkandl S. 90, 91.
Zöllner S. 138.
Ziemssen S. 514.

Nachtrag.

Ad S. 446. ALEX. OGSTON; *On the function of the semicircular Canals of the interval ear. The british and foreign medico-chirurgical Review and Quarterly Journal of practical medicine and surgery. Nr. 87. July 1869. p. 201—209.*

Diese Schrift besteht zum grofsen Teil in einer oberflächlichen Beschreibung der Labyrinthstruktur, wobei auf den Umstand, dafs die Gröfse und Weite der halbkreisförmigen Kanäle bei den verschiedenen Tieren variiert, besonderer Nachdruck gelegt wird. Die physiologischen Anschauungen OGSTONs über das Gehörorgan sind, wie folgt:

Durch die Ohrmuschel und den äufseren Gehörgang wird die Schallrichtung nicht bestimmt. Denn selbst wenn ein Ohrtrichter in den Gehörgang eingeführt oder letzterer verschlossen wird, ist man im stande die Schallrichtung immer noch zu percipieren. Auch bei grofser Perforation des Trommelfells, sowie bei vollständigem Defekt desselben ist die Möglichkeit, die Schallrichtung zu bestimmen, immer noch vorhanden.

Taub Geborene wenden beim Beklopfen einer Wand oder bei plötzlichem unerwarteten Lärm den Kopf nach der Richtung, aus welcher der Schall ertönt, trotzdem das Gehörorgan ihnen fehlt (?). Dieser Umstand dürfte sich wohl durch das Vorhandensein der Bogengänge erklären lassen, denen die Schwingungen durch die Kopfknochen zugeleitet werden. Für diese Erklärung spräche auch die vergleichende Anatomie. Höhere Tiere, denen es vor allem darauf ankommt, die Schallrichtung zu erkennen, sind mit einem sehr umfangreichen Bogengangsapparat ausgestattet. Niedere Tiere, wie die Reptilien und die Fische, denen die Schnecke entweder ganz fehlt oder bei denen sie nur rudimentär vorhanden ist, bestimmen die Schallrichtung ebenfalls nur vermittelst ihrer Bogengänge. Die constante Lage derselben zu einander sowie ihr unabänderliches Vorkommen innerhalb festen Knochens darf nicht als nur zufällige Erscheinung angesehen werden. Der horizontale Kanal ist deshalb weniger entwickelt, weil er für die Perception von Schallvorgängen in der Richtung von oben oder unten bestimmt ist; die beiden andern vertikalen Kanäle sind höher entwickelt, weil sie öfter den Schall zu percipieren haben. Der obere vertikale Kanal ist zur Perception der Schallrichtung von vorn und von hinten, der hintere vertikale Kanal zur Wahrnehmung der Schallrichtung von der Seite her bestimmt.

Demnach lehnt sich OGSTON an die Ansicht AUTENRIETHs.

Ad S. 183 u. 286. ARISTIDE STEFANI: *Studi sulla funzione dei canali semicircolari. Lettura fatta all' Academia medico-chirurgica di Ferrara il 6 Luglio 1876 und Contribuzione alla Fisiologia del cerveletto. Memoria comunicata all' Academia medico-chirurgica di Ferrara nel giorno 24 Novembre 1877.*

STEFANI vertritt im Gegensatz zu LUSSANA, welcher die Bogengänge als Organe für die Perception der Schallrichtung ansieht, die GOLTZsche Theorie der Funktion der Bogengänge. Auch er hält sie für ein statisches Organ. Experimente, welche STEFANI an Tauben ausführte, indem er ihnen Teile des Kleinhirns entfernte, sprächen keineswegs gegen die hydrodynamische Hypothese. Die nach Entfernung der einen Hälfte des Kleinhirns auftretenden Symptome sind zwar denen, welche nach einseitiger Entfernung der Bogengänge zur Beobachtung kommen, ähnlich, entsprechen ihnen aber nicht vollständig. Zwischen dem Kleinhirn und den Bogengängen müsse ein inniger physiologischer Zusammenhang bestehen, dessen Natur sich allerdings vorderhand nicht näher bestimmen liefse. Denn ihres Kleinhirns gänzlich beraubte Tauben zeigten ganz analoge Erscheinungen wie Tauben, welchen die Bogengänge zu beiden Seiten exstirpiert wären. Die nur einer Hälfte des Kleinhirns beraubten Tauben zeigen dagegen, insbesondere in der ersten Zeit nach der Operation, unregelmäfsige Bewegungen, ähnlich wie die einseitig an ihren Bogengängen operierten Tiere. Auch sie verdrehen den Kopf nach der entgegengesetzten Seite und zeigen eine Neigung, auf die entsprechende Seite zu fallen, gerade so wie die Tauben, welche an den Bogengängen einer Seite operiert sind. Später aber treten diese Erscheinungen nicht mehr auf, während Tauben, welche an den Bogengängen einseitig operiert sind, nachdem der operative Traumatismus überwunden ist, zeitweise immer noch den Kopf und den Hals verdrehen. Zwar bemerkt man an den Tauben mit halbem Kleinhirn Bewegungen an diesen Körperteilen; dieselben sind jedoch mit denen der halbseitig an den Bogengängen operierten Tauben nicht identisch. Wenn nun dieser Umstand auch nicht die von STEFANI ausgesprochene Ansicht, dafs zwischen der Funktion des Kleinhirns und derjenigen der Bogengänge ein inniger Zusammenhang bestünde, bestätige, so spräche er anderseits auch nicht dagegen. Hervorgehoben möge werden, dafs eine von STEFANI operierte Taube, welcher er die linke Hälfte des Kleinhirns entfernt hatte, mehrere Monate nach der Operation oscillierende Bewegungen mit dem Kopfe von oben nach unten ausführte, welche an diejenigen einer Taube, der die beiderseitigen hinteren (sagittalen) Vertikalkanäle entfernt worden sind, lebhaft erinnern. Die Sektion dieser Taube ergab aufser dem Fehlen der linken Kleinhirnhälfte eine auffallende Atrophie der rechten Kleinhirnhälfte, insbesondere des vorderen Teils derselben.

STEFANI ist der Meinung, dafs der Unterschied in der Symptomatologie von Tauben ohne Kleinhirnhälfte und von solchen ohne einseitigen Bogengangapparat abhängt:

1. von einer Diffusion der pathologischen Prozesse auf die Nachbarteile und insbesondere auf die andere Hälfte des Kleinhirns,

2. von dem Umstande, dafs innerhalb des Kleinhirns die von den Bogengängen stammenden Nerven sich wohl kreuzen dürften.

Auf Grund von Experimenten überzeugte sich STEFANI, dafs derjenige Teil des Kleinhirns, welcher den gröfsten Einflufs auf die Regulierung der Bewegungen ausübt, die zwei oder drei hinteren Windungen desselben sind. Die Bewegungsstörungen, welche nach Entfernung des Kleinhirns nachfolgen, hören nach kurzer Zeit fast vollständig auf, wenn diese Windungen erhalten geblieben sind. Andernfalls dauern sie das ganze Leben hindurch. Wenn man nun in die Kleinhirnmasse Einschnitte macht, so findet gar keine Bewegungsalteration statt, wenn die Einschnitte nur im vorderen Kleinhirnteil ausgeführt werden; schneidet man dagegen

in die hinteren Teile hinein, so treten aufserordentlich markante Bewegungsstörungen auf. Schneidet man in diesen hinteren Kleinhirnteil rechts oder links hinein, so erhält man sofort eine Verdrehung des Halses und Kopfes nach der nicht operierten Seite hin, gerade so wie sie nach Entfernung der Bogengänge dieser Seite in der Folge auftritt. Auch hier führt das Tier, sich selbst überlassen, rotatorische Kopfbewegungen und Wälzbewegungen um seine Längsaxse aus, worauf es auf dieselbe Seite zu fallen strebt und, um das Fallen zu vermeiden, an irgend einem Gegenstand eine Stütze sucht. Alle diese Erscheinungen treten ganz so unverzüglich nach Entfernung der Bogengänge einer Seite auf. Dieselben hören im Laufe der Zeit, allmählich abklingend, auf, während die rotatorischen Kopfbewegungen bei Tauben, welche einseitig an den Bogengängen operiert sind, während ihrer ganzen Lebensdauer anhalten.

Ein in der Mittellinie der beiden hinteren Kleinhirnwindungen ausgeführter Schnitt hat alle jene Störungen im Gefolge, welche analog sind denen nach vollständiger Entfernung des Kleinhirns oder nach beiderseitiger Entfernung sämtlicher Bogengänge, nämlich oscillatorische Bewegungen des Kopfes und des Halses nach allen Richtungen, welche das Gleichgewicht des Tieres stören. Auch in diesem Falle sind die Bewegungsstörungen vorübergehend.

Nach STEFANI weist dies alles darauf hin, dafs bei dem erwähnten seitlichen Kleinhirnschnitt die Nervenleitungen der Bogengänge derselben Seite mit denjenigen der anderen Seite, also auch mit denen der Bogengänge der gekreuzten Seite unterbrochen werden. Das Aufhören der Störungen hat seinen Grund in einer Wiederherstellung der Leitung und vielleicht auch in einer vikariierenden Kompensation. — Somit sollen diese experimentellen Ergebnisse die Ansicht STEFANIs, dafs ein enger Konnex zwischen dem Kleinhirn und den Bogengängen existiert, unterstützen. Die teilweise Kreuzung im Kleinhirn der Nervenfasern der Bogengänge der einen Seite mit denen der anderen erkläre auch den Unterschied der Symptome zwischen Tauben ohne Kleinhirnhälfte und Tauben ohne Bogengänge der einen Seite.

Den engen Konnex zwischen Bogengängen und Kleinhirn beweist STEFANI ferner durch folgende Thatsachen, welche zugleich einen Beleg dafür abgeben sollen, dafs die lokomotorischen Störungen nach Entfernung des Kleinhirns dieselbe Ursache hätten, wie die Bewegungsstörungen nach doppelseitiger Exstirpation beider Kanäle. Von seinem Kollegen, Prof. WEISS, in der mikroskopischen Untersuchung unterstützt, konnte STEFANI folgende pathologisch-anatomischen Ergebnisse an Tauben mit zerstörten Kanälen konstatieren:

1. Tauben mit beiderseitig zerstörten Bogengängen zeigten 15 Tage nach der Operation eine ausgesprochene fettige Degeneration der beiden hinteren Kleinhirnwindungen. Dieselbe schien von den PURKINJEschen Zellen auszugehen und von diesen sich weiter auszubreiten. In den übrigen Windungen bemerkt man einen „wachsartigen" regressiven Prozefs (Sklerose) der PURKINJEschen Zellen. Die übrigen Schichten des Kleinhirns, wie die Körnerschicht, sind beinahe normal. Vier Monate nach der Operation sieht man die fettige Degeneration in den hinteren Windungen immer noch, während die wachsartige Degeneration der PURKINJEschen Zellen der übrigen Windungen noch prägnanter ist. Ein Jahr nach beiderseitiger Exstirpation der Bogengänge bemerkt man eine Atrophie der hinteren Teile des Kleinhirns wahrscheinlich infolge von Fettabsorption. Die PURKINJEschen Zellen sind fast alle sklerotisch, nur einige spärliche sehen infolge von in ihrer Mitte befindlichen Fetttröpfchen gequollen aus.

2. Das Kleinhirn von Tauben, deren Bogengänge nur einseitig zerstört waren, zeigte 15 Tage nach der Operation sowohl in seinem vorderen, als auch im hinteren Teil eine Sklerose von PURKINJEschen Zellen. Dieselbe, wiewohl auf der operierten Seite bedeutend markanter, zeigte sich auch auf der anderen Kleinhirn-

hälfte (der nicht operierten Seite). Einige Monate später war der sklerotische Prozefs an den PURKINJEschen Zellen sowohl der einen wie der anderen Seite gleich deutlich.

3. Der wachsartige regressive Vorgang ist sowohl qualitativ wie quantitativ der Anzahl der lädierten Kanäle direkt proportional.

STEFANI schliefst hieraus, dafs die PURKINJEschen Kleinhirnzellen der Tauben in innigem anatomisch-physiologischen Zusammenhang mit den Nerven der Bogengänge stehen und dafs die Vestibularnerven sich im Kleinhirn teils kreuzen, teils nicht kreuzen.

STEFANI nimmt sich vor, diesen ascendierenden Degenerationsvorgang sowie den Weg, welchen die Nervenbahnen von den Bogengängen bis zum Kleinhirn nehmen, sowohl, als auch die Ursache, deretwegen eine fettige Degeneration nach einseitiger Zerstörung der Bogengänge nicht auftritt, vermittelst weiterer Experimente näher zu ergründen.

A. STEFANI; *Ulteriore contribuzione alla fisiologia del cerveletto e dei canali semicircolari. Memoria letta all' Academia medico-chirurgica di Ferrara, il 21 Giugno 1879.*

Als einen weiteren Beweis für die Richtigkeit seiner Anschauung beschreibt STEFANI einen in der tierärztlichen Klinik (GOTTI) zu Bologna beobachteten Hahn, welcher vom Augenblick, da er ausgebrütet war, dieselben Symptome zeigte, wie eine Taube, der die Kanäle beiderseits zerstört sind: Hintenüberwerfen des Kopfes, infolgedessen Rückwärtsgehen und Überschlagen des ganzen Körpers nach hinten, und zwar vornehmlich dann, wenn das Tier gescheucht wurde oder wenn es irgend eine komplizierte Bewegung auszuführen sich anschickte. Die Sektion ergab eine auffallende Atrophie der Bogengänge und des Kleinhirns (halb so grofs als normal, Seitenlappen fehlten ganz). Der nach hinten zu gelegene Teil des Bodens des IV. Ventrikels war infolge Entwickelungsdefekts des hinteren Teils des Kleinhirns offen. Die Bogengänge beiderseits hatten einen ein halbmal kleineren Durchmesser als von einem normalen Hahn, Canalis coronarius und horizontalis waren von der Atrophie am stärksten betroffen.

Diese kongenitale Atrophie der Bogengänge und des Kleinhirns zeigt auf deutliche Weise den anatomischen und physiologischen Zusammenhang unter diesen Organen. Nach der Meinung STEFANIs finden seine Beobachtungen über die Atrophie der PURKINJEschen Zellen nach der Zerstörung der Bogengänge durch diesen Fall eine weitere Bestätigung. Folgen theoretische Betrachtungen über die ascendierende Atrophie nach Läsion der Bogengänge.

P. M'BRIDE; *A new theory as to the functions of the semicircular canals. The Journal of anatomy and physiology normal and pathological. Vol. XVII; part. II. p. 211—217. January 1883.*

Zunächst kritische Beleuchtung der Theorie MACHs, BREUERs, CRUM-BROWNs und CYONs über die Funktion der Bogengänge. Daraufhin anatomische Beschreibung des Labyrinths. Der Kopfschwindel wird durch Reizung der Ampullennerven erklärt. Wenn die halbkreisförmigen Kanäle nur zur Gleichgewichtserhaltung da wären, würden sie vom Gehörorgan getrennt liegen. So aber müfste man annehmen, dafs durch Vermittlung der Ampullennerven der Kopf und die Augen reflektorisch nach der Schallquelle hin gerichtet werden.

J. STEINER (Köln); *Der Ménière'sche Schwindel und die halbzirkelförmigen Kanäle. Deutsche Medizin. Wochenschrift. 1889; 21. Nov. Nr. 47. S. 958—960.*

STEINER tritt gegen die Annahme von GOLTZ, dafs die Bogengänge ein statisches Organ wären, auf. „Solange man die Entfernung der halbzirkelförmigen

Kanäle durchführt, ohne zugleich am Acusticusursprunge zu zerren, solange wird jede Bewegungsstörung fehlen; so oft aber mit der Entfernung der Kanäle eine Zerrung einhergeht, werden Bewegungsstörungen nicht ausbleiben. Die beiden Extreme liegen sonach in der etwas paradoxen Erscheinung, dafs der einfachste Versuch, die Durchschneidung des Acusticusstammes, das eine Mal keine Störungen, das andere Mal aber deutliche Störungen nach sich ziehen würde; Fälle, wie sie in der That einerseits von SCHIFF, anderseits von BROWN-SÉQUARD produziert worden sind."

„Wir halten es demnach für erwiesen, dafs die halbzirkelförmigen Organe der Fische mit der Erhaltung des Gleichgewichts durchaus nichts zu thun haben, dafs diese Funktion vielmehr auf ganz anderen Fundamenten ruht."

STEINER zieht aus den EWALDschen Versuchen, da dieser Forscher durch eine eigenartige Methode dazugekommen sei, das Mafs der Störungen nach Abtragung der Bogengänge bei Tauben auf einen geringen Grad zu reduzieren, genau den umgekehrten Schlufs als EWALD, dafs sie keine besonderen Sinnesorgane sein können und in keiner direkten Beziehung zu den Bewegungen des Tieres stehen. EWALD sage selbst, dafs eine Taube, deren sechs Ampullen er in Spiritus aufbewahrt habe, sehr zahm gewesen wäre und ihm geradewegs durch mehrere Zimmer nachfolgte. Sich selbst überlassen, wäre sie gern in Bögen, bald nach rechts, bald nach links gegangen. Demnach sind ja, sagt STEINER, die Bogengänge bedeutungslos für die Bewegungen dieses Tieres. „Die Bögen, welche die Taube, sich selbst überlassen, beschreibt, sind nichts anderes als jene Kreisbewegungen, die wiederum in die Kategorie der Zwangsbewegungen gehören. Daher stellt sich die Frage zur Beantwortung, weshalb die Taube das eine Mal geradlinig, das andere Mal in Kreisbögen geht. Diese Frage beantwortet sich folgendermafsen: Nach der Theorie, welche ich für die Zwangsbewegungen gegeben habe, kommen dieselben so zustande, dafs durch den einseitigen centralen Ausfall der Haut- und Muskelempfindungen das Tier stets nur von einer Seite her Bewegungsimpulse erhält und sich dann immer in einer Richtung bewegt. Dieser Ausfall kann aber bei den höheren Tieren durch den Einflufs, welchen Auge und Intelligenz auf die Bewegungen gewinnt, kompensiert werden; sicherlich in den Fällen, wo die Zwangsbewegungen geringeren Grades sind. Hierfür sind eine ganze Zahl alter und neuer Erfahrungen anzuführen, auf die ich nicht näher eingehen will. In dieser Lage befindet sich EWALDs Taube."

„Die Art und Weise, wie die Zwangsbewegungen unter den gegebenen Bedingungen bei der Taube eintreten, stehen auf der gleichen Stufe mit derselben Erscheinung bei einem Haifisch. Auch bei der Taube dürfte es sich um eine indirekte Alteration des verlängerten Markes handeln."

Somit fällt die Voraussetzung für die Theorie des MÉNIÈREschen Schwindels, womit dieselbe ebenfalls fällt. „Der Schwindel hat seine Quelle vielmehr in Läsionen, welche im Gehirn oder in seinen Häuten oder in geänderten Druckverhältnissen zu suchen sind. Und die Pathologie sollte am wenigsten auf die Bogengänge rekurrieren, wenn es sich um die Theorie des MÉNIÈREschen Schwindels handelt, denn sie verfügt über Fälle, wo trotz Fehlens aller Bogengänge (POLITZER) oder Ausfüllung derselben durch Blutgerinnsel (LUCAE) Gleichgewichtsstörungen intra vitam niemals beobachtet worden sind."

FILIPPO LUSSANA; *I canali semicircolari e la malattia di Ménière. Napoli 1891.* LUSSANA ist ebenfalls ein Gegner der GOLTZschen Hypothese und hält die Bogengänge nicht für ein statisches Sinnesorgan.

Nach einigen kurzen Notizen über die Geschichte der Physiologie und Pathologie der Bogengänge (FLOURENS-MÉNIÈRE) bestreitet LUSSANA die Ansicht

von GOLTZ, CYONS und anderer, dafs die Bogengänge ein statisches Sinnesorgan wären, und zwar auf Grund folgender Einwürfe:

1. Wenn die Bogengänge ein statisches Sinnesorgan wären, so müfsten Bewegungsstörungen gerade nach totaler Exstirpation des Labyrinths auftreten, was aber nicht der Fall ist.

2. An MÉNIÈREscher Krankheit Leidende klagen nicht über Mangel an Orientierungs- oder Raumsinn.

3. Wiewohl die Bogengänge bei Fischen sehr grofs sind, ruft dennoch ihre Durchschneidung keine Schwindelbewegungen hervor. Aufserdem ist ihr Kopf an der Wirbelsäule derart fixiert, dafs sie keines statischen Sinnesorgans für die Lage des Kopfes bedürfen (?! und des Körpers? Ref.).

4. Strömungen von Endolymphe sind in den intakten und geschlossenen Bogengängen aus physikalischen Gründen undenkbar.

LUSSANA verbleibt bei der Ansicht, dafs der Vorhof die Intensität der verschiedenen Schalleinwirkungen, die Schnecke die verschiedenen Töne und die Bogengänge die Schallrichtung wahrnehmen. LUSSANA suchte früher den Grund zu den Bewegungsstörungen nach Läsion der Bogengänge sowie zu den MÉNIÈREschen Erscheinungen in einem Gehörschwindel, vertigo auditoria. In letzter Zeit sind ihm jedoch Zweifel über die Richtigkeit dieser Anschauung aufgekommen, weshalb er dieselbe experimentell zu prüfen sich entschlofs.

LUSSANA führte einige Experimente an Tauben aus, um den Einflufs des Gehirns auf den statischen oder akustischen Sinn kennen zu lernen, indem er die Durchschneidung eines oder mehrerer Bogengänge einer oder beider Seiten mit der Exstirpation einer Grofshirnhemisphäre derselben oder der anderen Seite oder beider Grofshirnhemisphären vorher oder nachher kombinierte. Die Resultate dieser Versuche gaben LUSSANA zu folgenden Schlufsfolgerungen Veranlassung:

1. Die Raumwahrnehmung und die Wahrnehmung der Schallrichtung sind nicht einfache Sinnesvorgänge; es sind Ideen, Vorstellungen, intellektuelle Vorgänge. Ein entgrofshirntes Tier besitzt keine Intelligenz, hat darum keine Vorstellung vom Raum. Die Bewegungsstörungen nach Läsion der Bogengänge hängen somit nicht mit dem Gehirn zusammen; sie kommen selbst dann zustande, wenn beide Grofshirnhemisphären entfernt sind.

2. Sowohl an MÉNIÈREscher Krankheit Leidende, als auch an den Bogengängen operierte Tiere bewahren ihre volle Intelligenz.

3. Wenn nach Läsion der Bogengänge das Grofshirn entfernt wird, werden die Bewegungsstörungen viel stärker und ausgeprägter, weil plötzlich die Stütze der Intelligenz eliminiert wird, welche die Bewegungen noch zu koordinieren vermag; mit der Zeit vermindert sich die Bewegungsstörung.

4. Wenn nach Läsion der Bogengänge man die Grofshirnhemisphäre der gekreuzten Seite entfernt, werden die Bewegungsstörungen stärker.

5. Wenn nach Läsion der Bogengänge das Grofshirn intakt bleibt, so legen sich mit der Zeit die Bewegungsstörungen immer mehr.

6. Wenn man nach Entfernung einer Grofshirnhemisphäre die Bogengänge der gekreuzten Seite lädiert, so werden die Bewegungen intensiver, weil hierbei der koordinatorische Einflufs der infolge Kreuzung der Nervenbahnen den operierten Bogengängen zukommenden Grofshirnhemisphäre eliminirt ist.

7. Die Resultate sind immer dieselben, ob die Bogengänge zuerst lädiert werden und dann das Gehirn, oder ob der Versuch in umgekehrter Weise vorgenommen wird.

Schliefslich meint L., dafs die Resultate dieser Experimente sich sowohl mit

der Theorie des „Gehörschwindels“ wie auch mit derjenigen des „Raumschwindels“ vertrügen.

Die MÉNIÈREschen Schwindelerscheinungen würden nicht durch eine funktionelle Läsion hervorgerufen. Die subjektiven Geräusche wären kein integrierender Bestandteil des MÉNIÈREschen Symptomenkomplexes. MÉNIÈRE selbst sagt, dafs die betreffende Erkrankung Taubheit, Schwindel und Erbrechen hervorrufe, von subjektiven Geräuschen spräche er aber niemals. Wenn solche vorhanden wären, so wäre dies eine zufällige Erscheinung infolge einer Mitaffektion der Bogengänge, die ja zum Gehörorgan gehörten. —

Der MÉNIÈREsche Schwindel hinge somit weder von einer Störung des Gehörsinnes ab, da die Perceptionsfähigkeit der Schallrichtung bei demselben intakt bleibe, noch von einer Störung des statischen oder Raumsinnes, noch käme er durch subjektive oder objektive Schallvorgänge zustande. Er bestehe vielmehr in einer „konfusen Sensation von Bewegungen innerhalb des Kopfes“. Die MÉNIÈREsche Erkrankung könne mit einer Reizung des trigeminus zusammenhängen.

Auf Grund teils von Experimenten, teils theoretischer Erwägungen und eigener subjektiver Anschauungen kommt LUSSANA zu folgenden Schlüssen:

a) Vom anatomischen wie physiologischen Standpunkte aus wären die Bogengänge, der Vorhof und die cochlea einzig und allein als Gehörorgan zu betrachten.

b) Nach Durchschneidung der Bogengänge fehlen die Schwindelbewegungen bald ganz, bald sind sie vorhanden und hören auf, um manchmal wieder zu erscheinen.

c) Der Bewegungsschwindel nach Läsion der Bogengänge liefse sich weder auf die pedunculi cerebro-cerebellares zurückführen,

d) noch auf das Kleinhirn,

e) und ebensowenig auf das Grofshirn.

Dies veranlafst LUSSANA zu der Schlufsfolgerung, dafs die MÉNIÈREschen Erscheinungen nicht sowohl einer gestörten Funktion der Bogengänge, als vielmehr einer Alteration, welche mit deren Funktion nichts zu thun hätte, zuzuschreiben wären.

Die Arbeit LUSSANAs trägt stark ausgeprägt einen subjektiven Stempel und macht den Eindruck einer spitzfindigen Verteidigung subjektiver, sich oft widersprechender Anschauungen.

PIERRE BONNIER; *Notes sur les fonctions des séances de la société de biologie. T. V. No. 7. p. 187—190. 24 Février 1893.*

Nichts Neues. Wiederholung der Ansichten ENGELMANNs, BREUERs und von DELAGE über die Funktion des Otolithenapparates. Es wird ferner darauf hingewiesen, dafs durch das Vorhandensein eines harten Körpers (corps solide, Otolith) die Schallschwingungen verstärkt dem Neuroepithel übermittelt und auf dasselbe koncentriert werden. (Cette propriété solidienne attribue au corps immergé le rôle intermediaire de concentrateur de l'ebranlement transmis et d'indicateur de sa direction.) „En résumé les appareils otolithiques sont les premiers organes périphériques de l'orientation objective et subjective dans l'espace analysé par la perception des ébranlements. Comme tels ils créent, concurremment avec les autres appareils sensoriels, des images d'espace indispensables à la description des mouvements voulus, ou réflexes: aucune appropriation de mouvement n'étant possible sans représentation d'espace.“

CORRADI, C. (Verona). *Über die funktionelle Wichtigkeit der Schnecke. Archiv für Ohrenheilkunde, Bd. XXXII, I.*

Zerstörungsversuche an der Schnecke von Meerschweinchen. Wiederholung bekannter Thatsachen. —

Ad S. 571. Die Gebrüder SARASIN haben Sinnesorgane besonderer Art beschrieben, die auf dem Kopfe von Epicrium glutinosum (aus der Klasse der Gymnophionen oder Apoda) verstreut sind. Sie haben das Aussehen offener Kölbchen, die im Innern mit grofsen Zellen und Nervenepithel ausgekleidet sind; letzteres trägt Haare, auf denen der centrale Otolith ruht. Das Nervenepithel ist identisch mit den Elementen des Endapparats des Gehörorgans dieser Tiere selbst. Anderseits wieder hat RETZIUS nachgewiesen, dafs bei einem andern Vertreter derselben Amphibiengruppe, dem Blindwühler Siphonops annulatus, das Labyrinth überhaupt keinen Endapparat besitzt und dafs der Hörnerv nicht entwickelt ist, so dafs diese Tiere für taub erklärt werden müssen.

Berichtigungen und Druckfehler.

Seite	38	Zeile	8	von	unten:	statt „l'appellerari“ zu lesen „l'appellerai“.
„	39	„	2	„	oben:	„ „der Folge“ zu lesen „die Folge“.
„	69	„	3	„	unten:	„ „mustensor, tympani“ zu lesen „musc. tensor tympani“.
„	72	„	11	„	oben:	„ „ALEX MONGO“ zu lesen „ALEX MONRO“.
„	72	„	23	„	unten:	„ „FISCHFR“ zu lesen „FISCHER“.
„	88	„	16	„	oben:	„ „sie“ zu lesen „es“.
„	88	„	16	„	„	„ „ihr“ „ „ „ihm“.
„	89	„	6	„	„	„ „werden“ zu lesen „werde“.
„	90	„	10	„	„	„ „LRWENBERG“ zu lesen „LÖWENBERG“.
„	94	„	4	„	unten:	„(nach CORTI)“ ist zu streichen.
„	96	„	8	„	unten:	statt „geringererem“ zu lesen „geringerem“.
„	100	„	2	„	oben:	„ „werden“ zu lesen „werde“.
„	100	„	14	„	unten:	„ „regelmäfsiüer“ zu lesen „regelmäfsiger“.
„	105	„	9	„	oben:	„ „sie“ zu lesen „es“.
„	110	„	2	„	unten:	„ „Acusticuseflexen“ zu lesen „Acusticusreflexen“.
„	173	„	8	„	oben:	„ „die Schallrichtung, zu bestimmen“ zu lesen „die Schallrichtung zu bestimmen“.
„	175	„	7	„	unten:	„ „oberflächlich, zuerst“ zu lesen „oberflächlich zuerst“.
„	183	„	2	„	oben:	„ „zusammengesellt“ zu lesen „zusammengestellt“.
„	189	„	2	„	unten:	„ „Fig. 21 p. 254“ zu lesen „Fig. 78; p. 185“.
„	206	„	3	„	„	„ „SENALL“ zu lesen „SEWALL“.
„	225	„	3	„	oben:	„ „nach der operierten Seite hin“ zu lesen „nach der nicht operierten Seite hin“.
„	260	„	8	„	unten:	„ „voliegenden“ zu lesen „vorliegenden“.
„	264	„	2	„	„	„ „BRUER“ zu lesen „BREUER“.
„	306	„	3	„	„	„ „MINOW“ zu lesen „MINOR“.
„	354	„	8	„	„	„ „Augenmuskel“ zu lesen „Augenmuskeln“.
„	438	„	21	„	oben:	„ „Strömungen“ zu lesen „Störungen“.
„	560	„	20	„	unten:	„ „utriculi-saccularis“ zu lesen „utriculo-saccularis“.
„	560	„	10	„	oben:	„ „die cupula terminalis haubenartig bedeckt“ zu lesen „von der cupula terminalis haubenartig bedeckt wird“.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a/S.

Fig. 1.

Normales, nicht operiertes Meerschweinchen.

Fig. 2.

Nach Zerstörung beider Schnecken.

Fig. 3.

Nach rechtsseitiger Zerstörung der Schnecke. Das rechte Auge ist wenig entwickelt. Ein wenig entwickeltes linkes Auge nach rechtsseitiger Schneckenzerstörung (ganz so wie das vorliegende), sowie eine unentwickelte rechte obere Lippe nach rechtsseitiger Zerstörung der Schnecke sind nicht mit abgebildet.

QP461
St3